

## 8.8. AVALIAÇÃO AMBIENTAL DOS RISCOS

### 8.8.1 Considerações Iniciais

Conforme mencionado no item 6.5 deste EIA, o correto dimensionamento e avaliação da viabilidade ambiental de atividades de produção de óleo e gás, independente da região onde serão implantadas, devem levar em consideração, além de seu desenvolvimento normal, os riscos inerentes ao processo de produção como um todo.

Tendo em vista a aplicação de uma metodologia mais adequada de avaliação ambiental dos efeitos decorrentes de um eventual derramamento de óleo, optou-se por descrever as interferências deste tipo de acidente sobre o meio ambiente de forma associada à análise de riscos da atividade, apresentada nos itens 8.1 a 8.6.

Assim, são apresentados, neste item, os principais aspectos relacionados ao derramamento acidental de óleo no mar, a partir do FPSO P-50, incluindo a descrição da modelagem de dispersão da pluma de óleo e a avaliação de suas repercussões no ambiente marinho.

### 8.8.2. Modelagem da dispersão do óleo

Para estudar a trajetória e as transformações biogeoquímicas de um potencial acidente com petróleo com o FPSO P- 50, no campo de Albacora Leste, foi utilizado o sistema de modelos OILMAP da Applied Science Associates (ASA). A ASA tem mais de 20 anos de experiência com estudos de impacto ambiental causados por acidentes com petróleo. No Brasil, os trabalhos da ASA e o suporte técnico de seus modelos computacionais são realizados por sua *joint-venture* – ASATM Brasil.

#### a. Formulação do modelo e dados de entrada

Para estudos de modelagem, como o realizado neste trabalho, são necessárias as seguintes informações:

- conhecimento detalhado das características geomorfométricas do local (contornos da linha de costa e oceano);
- padrões de circulação local e em larga escala;
- séries temporais de vento de longa duração (preferencialmente de bóias *offshore* e/ou estação meteorológica costeira).

Neste contexto, para este estudo, foram utilizados dados de vento obtidos da bóia oceanográfica da PETROBRAS localizada no campo de Marlim. A caracterização dos padrões de circulação na região foi obtida junto a PETROBRAS com base em resultados do modelo PCOM (WOCE Parallel Ocean Climate Model) ajustado para modelar as correntes oceânicas da costa sudeste do Brasil.

Em uma primeira etapa, foi definida a área de estudo para o ponto de derramamento. Nesta área, foi definido um conjunto de duas grades computacionais, ou malhas, com uma certa quantidade de blocos menores, sobreposta ao mapa digital da área de estudo. Uma grade define quais as células ou blocos correspondem à área de terra e quais à área de água, com a interface definindo a linha de costa. A linha de costa, por sua vez, é uma série de blocos que limita a extensão à qual a mancha de óleo pode se movimentar em uma determinada direção. A outra grade ou malha compreendendo apenas a região de água define o campo de circulação.

O conjunto de dados de entrada e os parâmetros do modelo que definiram os cenários foram: ponto de derramamento, tipo de óleo, data, horário e duração do derramamento, campo de corrente, arquivo de dados meteorológicos, opções de saída e parâmetros de simulação. Os resultados de cada simulação correspondem então a um único cenário, definido pelo arquivo de entrada de dados e parâmetros.

O modelo de trajetória e transformações biogeoquímicas simula o transporte e a degradação do óleo a partir de derramamentos instantâneos ou contínuos. O modelo apresenta os resultados das simulações através da localização da mancha, concentração do óleo de superfície e sub-superfície versus tempo. O sistema também calcula e apresenta graficamente o balanço de massa do óleo derramado, em termos da porcentagem de óleo na superfície, na coluna d'água, evaporado, na linha de costa, e fora da área de estudo.

A simulação se inicia no momento especificado pelo arquivo de entrada e quando a liberação do óleo começa, o modelo calcula a trajetória da mancha e transformações biogeoquímicas para cada ponto da grade. Estas transformações (por exemplo, evaporação, espalhamento) que o modelo simula resultam em uma distribuição de massa sobre quanto deste óleo se move para os pontos de grades circundantes, o quanto adentra na coluna d'água e o quanto evapora.

O modelo então calcula a quantidade de óleo em cada bloco e quais as propriedades resultantes após as moléculas mais leves terem sido evaporadas e as mais pesadas terem adentrado na coluna d'água. O modelo repete estes cálculos para todos os pontos da grade em cada passo de tempo simulado. Os processos biogeoquímicos do óleo que eventualmente entra em contato com a linha de costa são calculados em função de quanto se prende à costa e quanto pode ser ressuspensão caso as condições meteoceanográficas se alterem.

No modo probabilístico, como utilizado neste trabalho, o modelo pode ser aplicado para determinar as trajetórias mais prováveis para os derramamentos em bases mensais, sazonais ou anuais. Os resultados deste tipo de simulação incluem mapas mostrando as probabilidades de contato com óleo em cada ponto da grade computacional, na linha de costa, assim como o tempo de deslocamento da mancha.

## b. Área de estudo

As simulações para um potencial acidente com petróleo na área do campo de Albacora Leste foram realizadas a partir da localização do FPSO P-50 (coordenadas 22° 05' 04,81"S e 39° 49' 45,66"W), considerado como o ponto de derrame (Figura 8.8.1-a):

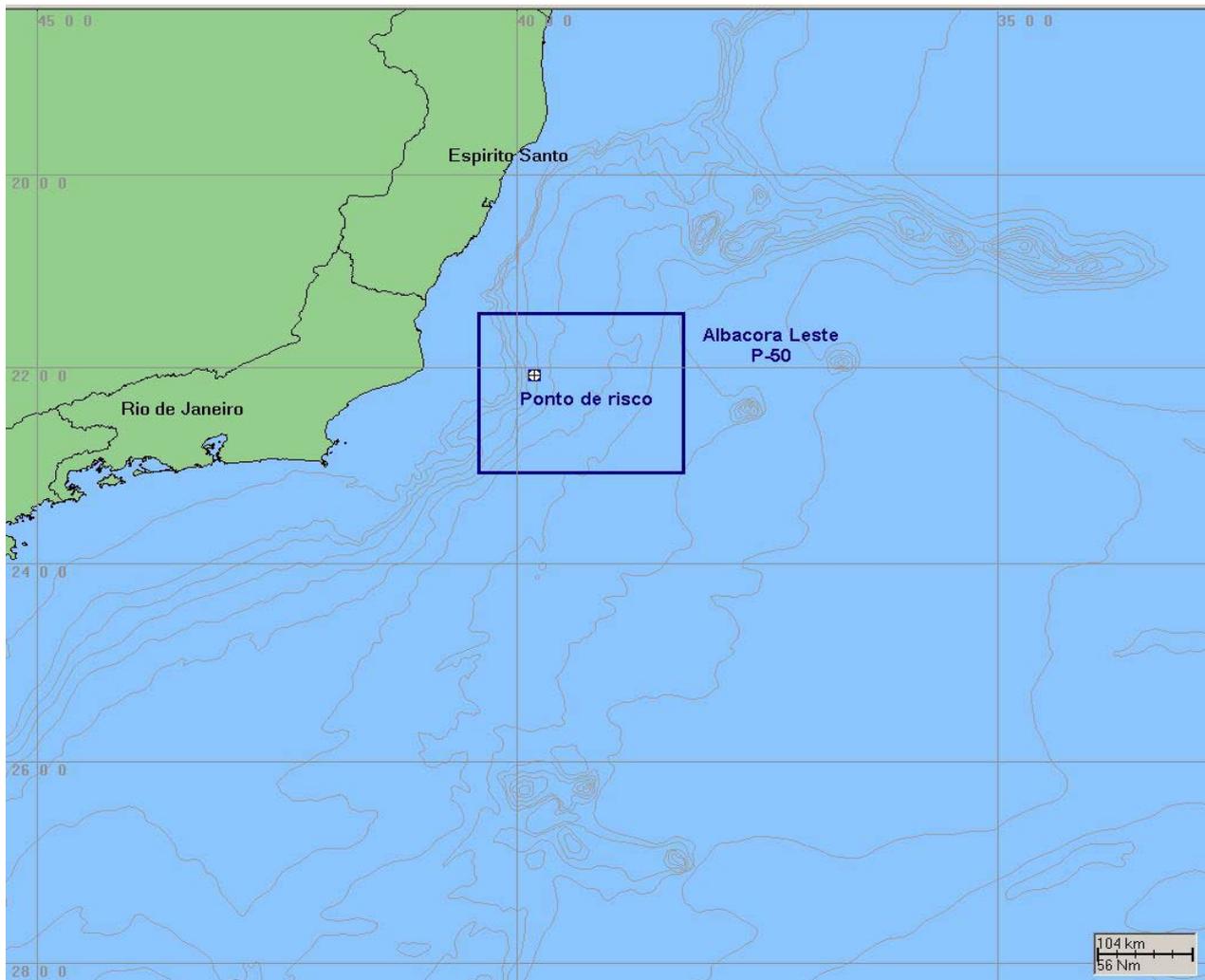


Figura 8.8.2-a. Região do estudo, com o ponto dos derrames simulados.

- Padrões de circulação na região

A circulação oceânica nesta área da plataforma é alvo de interesse científico particular devido às suas feições batimétricas. Parte significativa do fluxo da Corrente do Brasil (CB) passa através dos canais dos bancos de Abrolhos e divide-se em dois ramos. Um deles flui afastado da costa, além da isóbata de 3.000 m (Stramma *et al.*, 1990 *apud* Lima, 1997), enquanto o outro flui seguindo a linha da quebra da plataforma, onde se estende até o fundo, com uma significativa parte fluindo sobre a plataforma externa, que, algumas vezes, localiza-se aquém da isóbata de 100 m (Signorini, 1978).

A circulação na camada superficial sobre a quebra da plataforma e no talude é caracterizada pelo fluxo da Corrente do Brasil para sul, representando o limite ocidental

do giro subtropical do Atlântico Sul. Poucas medições de correntes foram feitas na CB, tendo sido registrado um fluxo confinado aos primeiros 400 m de profundidade, com uma contra-corrente no sentido norte abaixo destes 400 m iniciais (Evans e Signorini em 1985, nas latitudes de 20° 30' S e 23°S).

Na região norte da área, acima do Cabo de São Tomé, a direção da corrente é para 180°, variando para 220° na região de Cabo Frio. Isto está altamente coerente com a variação da linha de costa (e das isóbatas). Esta mudança afeta significativamente a Corrente do Brasil, induzindo a formação de vórtices e meandros. A componente que se desloca para sul cobre os primeiros 400 metros da coluna d'água, englobando a Água Tropical e grande parte da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). O volume estimado transportado pela Corrente do Brasil na região da quebra da plataforma e do talude na latitude de 22° S é de  $5,5 \pm 2,6$  Sv (Lima, 1997).

Imagens AVHRR, usadas por Garfield em 1990, parecem indicar um padrão de meandramento regular entre o Cabo de São Tomé e Cabo Frio, com a separação ocasional de vórtices ciclônicos (Lima, 1997). Próximo ao Cabo de São Tomé (22°S), a CB parece ocupar a maior parte da plataforma durante o verão. Medidas diretas de corrente feitas por Harari *et al.* em 1993 mostram que a circulação sobre a plataforma interna próxima ao Cabo de São Tomé se dá predominantemente em direção ao sul no verão, alternando entre sudoeste e nordeste durante o inverno, com a magnitude média de 30 a 50 cm/s. Nos primeiros 100 metros da coluna d'água, a velocidade da corrente pode chegar a 1 m/s (Castro e Miranda, 1999).

A água que flui para sudoeste durante o verão é reforçada pelos ventos predominantes, que sopram principalmente de nordeste nesta estação, devido à influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul. No inverno, entretanto, a alta incidência de sistemas frontais induz a ocorrência de correntes com direção nordeste nas porções interna e média da plataforma (Castro e Miranda, 1999).

Outra consequência do predomínio dos ventos de NE é a ressurgência, fenômeno no qual a ACAS penetra sobre a plataforma, levando águas frias em direção à costa. Estes eventos são muito comuns na região de Cabo Frio. Ventos fortes de sudoeste podem impedir a ocorrência do fenômeno nesta área, deslocando a massa fria ressurgida para as proximidades do Cabo de São Tomé, mais ao norte. A velocidade da corrente relativa à contribuição da maré é baixa, de cerca de 5 cm/s, e quase em sua totalidade, no eixo perpendicular à plataforma.

A ação forçante residual de ondas aprisionadas na costa, com sentido de propagação norte (para o Equador) é um possível mecanismo para explicar algumas anomalias no campo de correntes. Maiores estudos para esclarecimento deste fator ainda estão sendo desenvolvidos (Lima, 1997).

Na Figura 8.8.2-b é apresentado um campo de velocidades típico observado nos resultados do modelo, onde se destaca a definição da Corrente do Brasil.

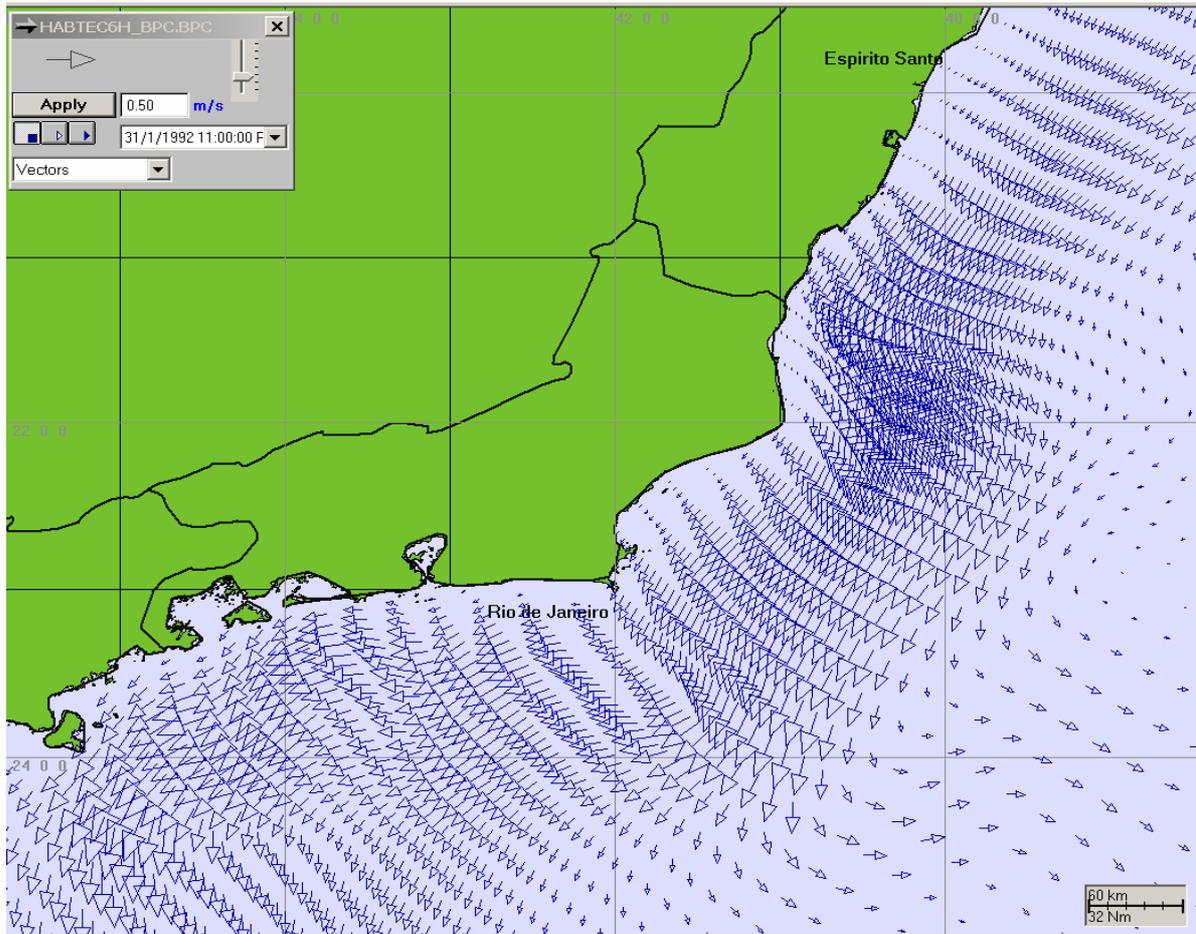


Figura 8.8.2-b. Exemplo ilustrativo de um campo de velocidades obtido com o modelo POCM para o ano de 1992.

- Dados de ventos

Para este estudo, foram utilizados dados de vento medidos em uma bóia oceanográfica localizada no campo de Marlim (Bacia de Campos). Estes dados foram fornecidos pelo Centro de Pesquisas da PETROBRAS (CENPES) para o ano de 1992, com intervalo de amostragem de 3 horas. A Figura 8.8.2-c apresenta o diagrama de dispersão para a série temporal fornecida, onde foi adotada a convenção meteorológica, isto é, a direção do vento corresponde à direção de onde este sopra.

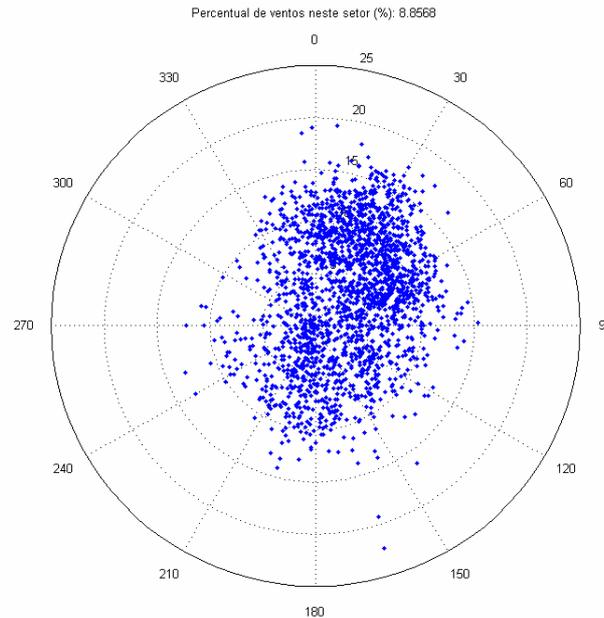


Figura 8.8.2-c. Diagrama de dispersão do vento para o ano de 1992 na Bacia de Campos.

O Quadro 8.8.2-a apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções do vento obtida para os dados fornecidos. Esta tabela demonstra que os ventos mais freqüentes são de NNE (17,8%). Os ventos com velocidades médias máximas (9 m/s) sopraram de NNE e NE; e os ventos mais fortes registrados vieram de N e de SSE (19,3 m/s). Observando-se a freqüência conjunta, o vento mais comum soprou de NNE com velocidades variando entre 10 e 12 m/s.

Quadro 8.8.2-a. Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção do vento para o ano de 1992 na Bacia de Campos.

Bacia de Campos (1992)																		
Ocorrência Conjunta de Intensidade (m/s) e Direção de vento																		
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	Total	%
0,0 - 2,0	8	2	4	6	6	7	10	5	8	14	10	8	9	7	6	1	111	5
2,0 - 4,0	11	8	15	23	14	14	8	17	20	22	11	10	7	8	8	18	214	10
4,0 - 6,0	13	24	54	44	23	27	15	24	24	25	12	11	9	3	13	14	335	15
6,0 - 8,0	40	56	57	74	28	32	26	20	27	19	12	6	7	0	7	13	424	19
8,0 - 10,0	58	81	83	96	16	19	22	15	29	26	6	9	5	1	8	16	490	22
10,0 - 12,0	54	90	81	49	12	7	4	6	11	7	0	2	3	0	0	20	346	16
12,0 - 14,0	31	75	41	19	8	3	2	4	3	2	0	2	1	0	0	7	198	9
14,0 - 16,0	7	48	15	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	74	3
16,0 - 18,0	0	10	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1
18,0 - 20,0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
Total	225	394	355	311	110	109	88	92	122	116	51	48	41	19	42	89		
%	10.2	17.8	16	14.1	5	4.9	4	4.2	5.5	5.2	2.3	2.2	1.9	0.9	1.9	4		
V.Med.	9.2	9	9	6.9	7.9	6.8	8.1	8.6	6.9	7.8	4.9	6.9	6.9	4.5	4.9	7		
V.Max.	19.3	18	17.6	13.8	15.3	12.6	16.3	19.3	12.9	14.1	8.9	13.1	12.3	9.9	9.7	13.8		

- **Caracterização do óleo**

Com base nas informações fornecidas pela PETROBRAS, um mesmo tipo de óleo foi utilizado em todas as simulações. As características definidas para o óleo cru são apresentadas no Quadro 8.8.2-b a seguir:

Quadro 8.8.2-b. Características definidas para o óleo cru.

Tipo de óleo	Densidade	Grau API	Viscosidade (cP)	Conteúdo máx. de água
Cru	0,936 g/cm <sup>3</sup>	19,66°	336 @ 25° C	1,0%

O conteúdo máximo de água é indicativo da tendência do óleo de emulsificar (vide item 8.8.4.2, a seguir). A tendência de um óleo cru formar uma emulsão torna-o resistente à dissolução na água, e o óleo tende a permanecer por mais tempo na superfície da água quando derramado.

O petróleo produzido no campo de Albacora Leste deve ser enviado para os terminais e refinarias da PETROBRAS, com teor máximo de BSW de 1,0 % v/v, sendo o valor máximo de água presente neste petróleo de 1,0 % vol. Dessa forma, foi adotado o valor de 1% nas simulações apresentadas neste estudo. Caso este valor seja inferior a 1%, o óleo seria menos persistente na superfície da água e, portanto, uma menor quantidade de óleo iria impactar a linha de costa.

### c. Descrição dos cenários

As simulações para um potencial acidente com derrame de óleo no FPSO P-50 correspondem ao cenário em que ocorre o vazamento de todo o conteúdo dos tanques de carga de óleo da plataforma, com um volume total derramado estimado em 335.208 m<sup>3</sup>, com uma vazão de 13.967 m<sup>3</sup>/h.

Utilizando-se o OILMAP em modo probabilístico, é possível levar em consideração a variabilidade das forçantes ambientais. No modo probabilístico, as simulações de derramamento foram realizadas através da variação aleatória do início do derramamento dentro do período para o qual se dispunha de dados de vento (1992). Uma vez identificado o instante de início do derrame, o campo de velocidades associado ao mesmo é também identificado e utilizado ao longo do período de simulação. As múltiplas trajetórias foram então utilizadas para a produção de curvas de contorno, demonstrando a probabilidade da presença de óleo em cada ponto da grade computacional (área de estudo).

Os resultados em forma gráfica são apresentados como contornos de probabilidade da presença de óleo na água, na costa, ou tempo de deslocamento da mancha decorrido após início do derramamento.

Para que se pudesse incorporar a variabilidade das forçantes meteoceanográficas, em cada cenário probabilístico, foi realizada uma série de 200 simulações com o modelo OILMAP. A fim de identificar o tempo necessário para que as manchas atingissem espessura inferior a 0,05 mm, foram realizadas simulações determinísticas de longa

duração e em diferentes períodos do ano. As simulações utilizaram os campos de velocidades obtidos através da modelagem representativos das Correntes do Brasil e das correntes costeiras e os dados de vento medidos na Bacia de Campos para o ano de 1992. Com base nestes resultados, foi definido como tempo de duração das simulações probabilísticas o período de 35 dias.

A Figura 8.8.2-d apresenta o resultado de uma simulação de 35 dias, onde, após 30 dias e 16 h, a espessura de toda a mancha é inferior a 0,05 mm. Esta simulação corresponde à trajetória e destino do óleo no caso de um potencial acidente de 335.208 m<sup>3</sup>, iniciado em 9 de novembro de 1992. Os cenários probabilísticos e determinísticos utilizados neste estudo encontram-se apresentados nos itens a seguir.

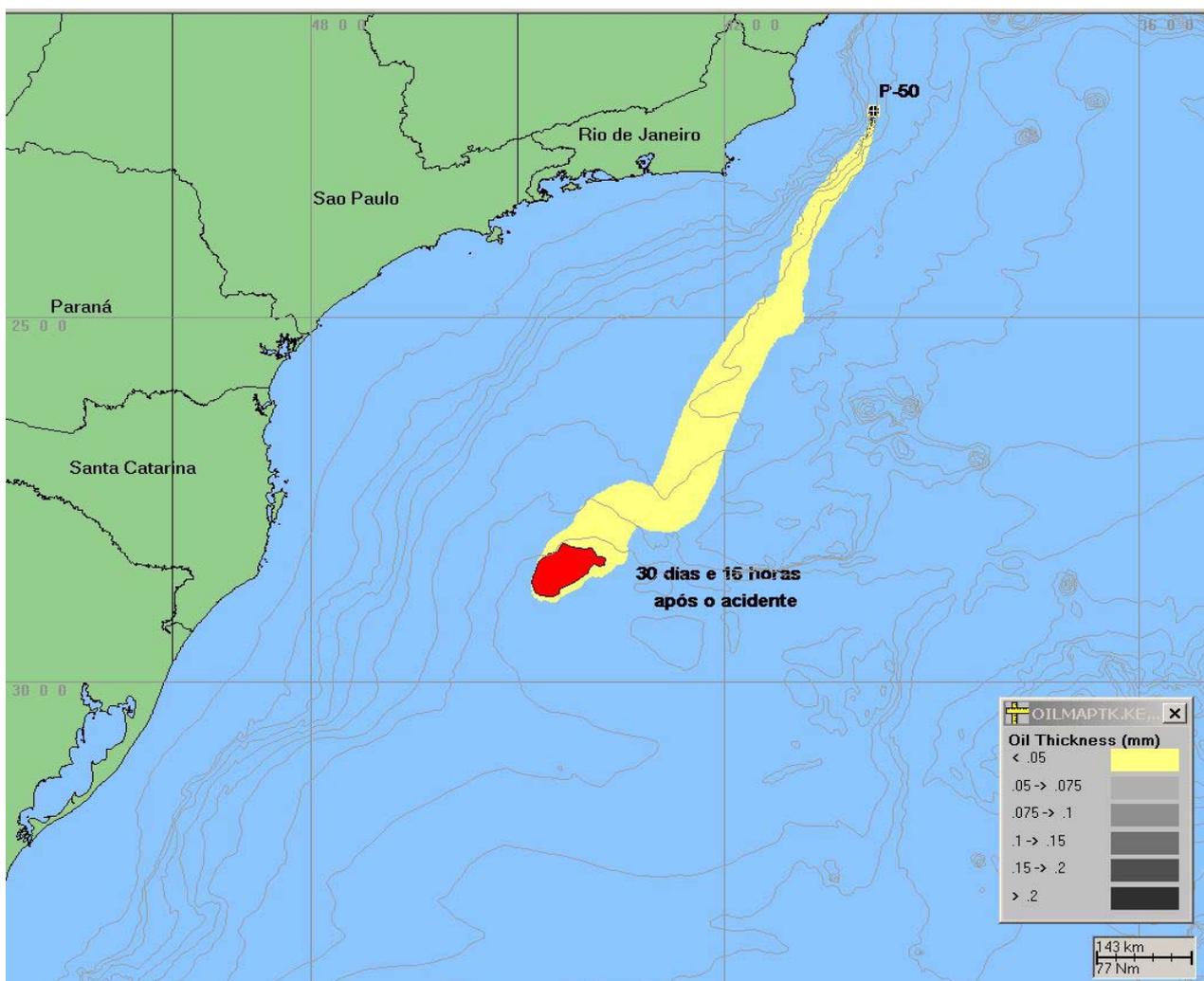


Figura 8.8.2-d. Bacia de Campos. Trajetória da mancha de um potencial acidente com derrame de 335.208 m<sup>3</sup> de óleo cru e duração de 24 horas, iniciado em 9 de novembro de 1992, considerando os campos de corrente e de ventos do período. Destaca-se a área da mancha 30 dias e 16h após o acidente, onde a espessura de toda a mancha é inferior a 0,05 mm.

- **Cenários probabilísticos**

Cenário BC-P-50 Verão – Gerado a partir dos resultados do modelo OILMAP em modo estatístico. Foram efetuadas 200 simulações utilizando-se os campos de velocidades obtidos através da modelagem, representativos das Correntes do Brasil e das correntes Costeiras e os dados de vento medidos na Bacia de Campos para o ano de 1992.

No modo estatístico, o modelo OILMAP simulou o cenário probabilístico de verão através de 200 acidentes, com o início do derramamento (ano, mês, hora, e minuto) determinado aleatoriamente entre os meses de Novembro e Fevereiro.

Cenário BC-P-50 Inverno – Gerado a partir dos resultados do modelo OILMAP em modo estatístico. Foram efetuadas 200 simulações utilizando-se os campos de velocidades obtidos através da modelagem, representativos das Correntes do Brasil e das correntes Costeiras e os dados de vento medidos na Bacia de Campos para o ano de 1992.

No modo estatístico, o modelo OILMAP simulou o cenário probabilístico de inverno através de 200 acidentes, com o início do derramamento (ano, mês, hora, e minuto) determinado aleatoriamente entre os meses de Maio e Agosto.

- **Cenários determinísticos**

A análise dos resultados das simulações probabilísticas permitiu identificar várias classes de derramamentos, incluindo os cenários prováveis em caso de acidente. A seguir, é apresentada a descrição dos cenários identificados como mais críticos, ou seja, aqueles associados ao maior volume de óleo na costa ou à mancha mais próxima da costa. Estes cenários se enquadram dentro da classe “estatisticamente provável” caso ocorra um acidente específico, conforme descrito acima.

Cenário BC-P-50 V (26-Nov-92) – Corresponde à simulação da trajetória e destino do óleo no caso de um potencial acidente de 335.208 m<sup>3</sup>, iniciado em 26 de novembro de 1992. Este cenário, escolhido a partir das 200 simulações do OILMAP em modo estatístico para a condição de verão, corresponde ao acidente associado à menor distância da linha de costa. As simulações utilizaram os campos de velocidades obtidos através da modelagem, representativos das Correntes do Brasil e das correntes costeiras e os dados de vento medidos na Bacia de Campos para o ano de 1992.

Cenário BC-P-50 I (7-Ago-92) – Corresponde à simulação da trajetória e destino do óleo no caso de um potencial acidente de 335.208 m<sup>3</sup>, iniciado em 07 de agosto de 1992. Este cenário, escolhido a partir das 200 simulações do OILMAP em modo estatístico para a condição de inverno, corresponde ao acidente associado ao maior volume de óleo que atinge a costa. As simulações utilizaram os campos de velocidades obtidos através da modelagem, representativos das Correntes do Brasil e das correntes costeiras e os dados de vento medidos na Bacia de Campos para o ano de 1992.

d. Resultados das simulações para um potencial acidente no local de estudo

- Simulações probabilísticas

O modelo OILMAP foi utilizado para simular os cenários descritos na seção anterior, e produzir as curvas de contorno, demonstrando a probabilidade da presença de óleo em cada ponto da área de estudo. Nestas simulações, foram consideradas como forçantes hidrodinâmicas os campos de correntes obtidos através da modelagem, representativos das Correntes do Brasil e das correntes costeiras e os dados de vento medidos na Bacia de Campos para o ano de 1992.

A Figura 8.8.2-e mostra o contorno de probabilidade da presença de óleo para o derrame no Campo de Albacora Leste (P-50) para o cenário de acidentes ocorrendo durante os meses de verão (novembro a fevereiro). Conforme mostra a figura, mesmo para o cenário catastrófico de um derrame de 335.208 m<sup>3</sup>, a probabilidade da mancha chegar em águas costeiras é estatisticamente nula. O contorno de probabilidade de 20% se estende para sudoeste até cerca de 29°S. Praticamente em todas as 200 simulações, a mancha se deslocou para sudoeste seguindo a orientação do escoamento médio.

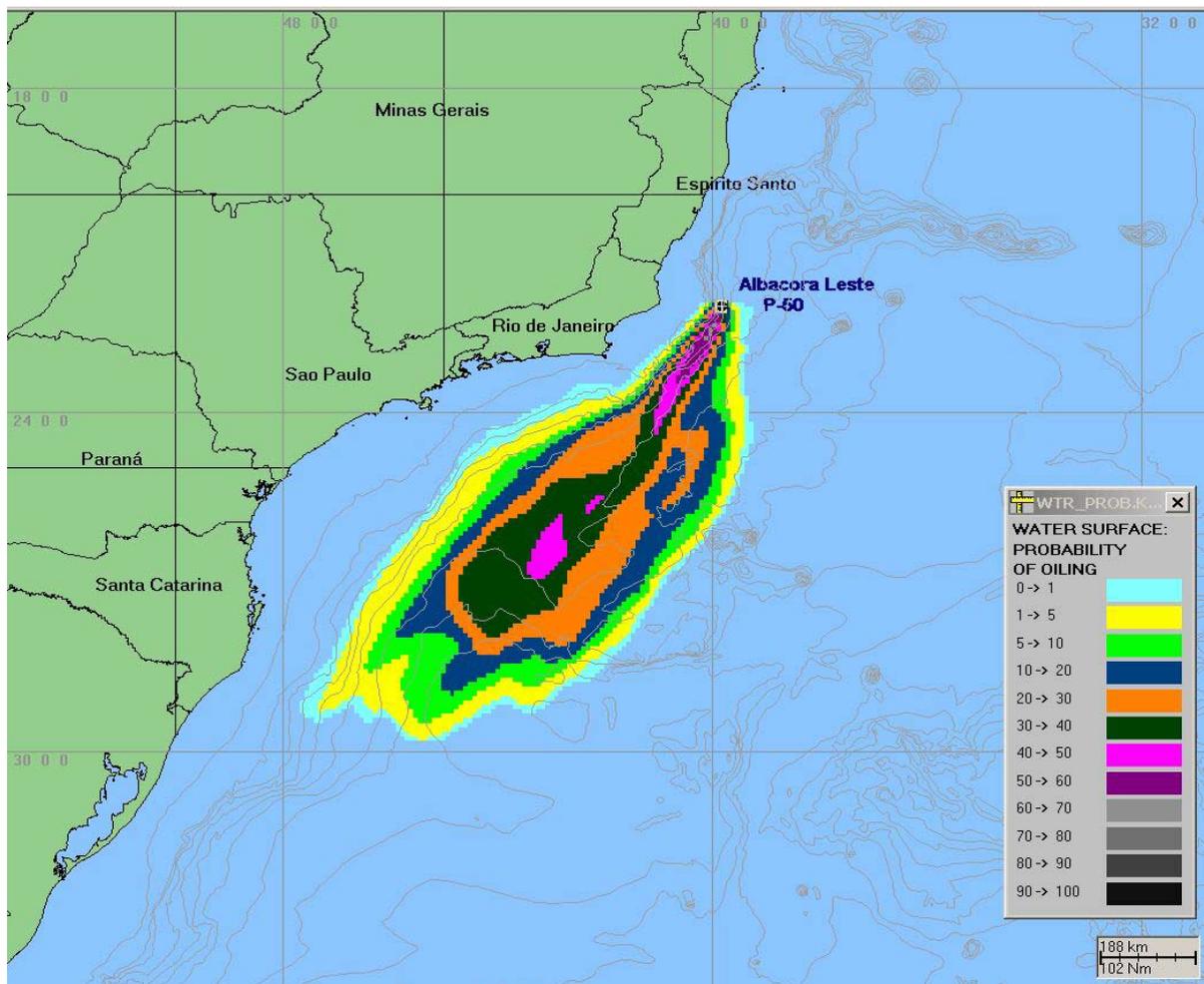


Figura 8.8.2-e. *Cenário BC-P-50\_VERÃO*. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo durante os meses de verão (novembro a fevereiro).

A Figura 8.8.2-f mostra o contorno de probabilidade para o cenário catastrófico de um derrame de 335.208 m<sup>3</sup> em condições de inverno no Campo de Albacora Leste (P-50). Mesmo nesta condição, a mancha tende a seguir o padrão da Corrente do Brasil, deslocando-se ao largo da plataforma continental, com probabilidades de toque na região costeira inferiores a 10%. O contorno de 20% de probabilidade se estende até cerca de 27° S. Cabe ressaltar que estas simulações não levam em conta nenhuma ação emergencial.

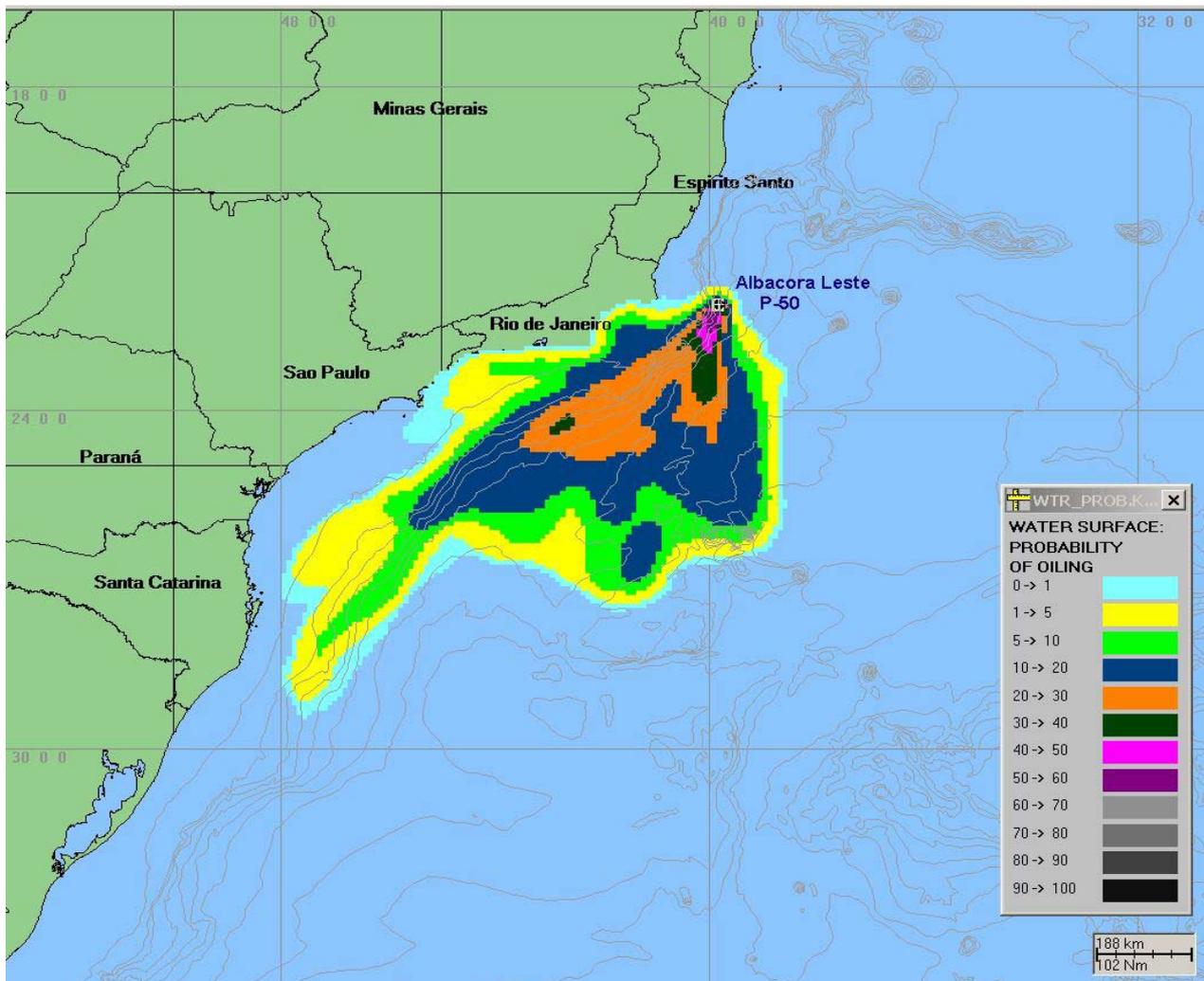


Figura 8.8.2-f. Cenário BC-P-48\_INVERNO. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo durante os meses de inverno (maio a agosto).

A Figura 8.8.2-g mostra o contorno de probabilidade de toque na linha de costa para o derrame no Campo de Albacora Leste (P-50). Conforme mostra a figura, para o cenário catastrófico de um derrame de 335.208 m<sup>3</sup> em condições de inverno, existe a probabilidade de toque na região costeira que se estende das proximidades de Macaé até o norte do litoral paulista.

A probabilidade de a mancha chegar ao litoral do Rio de Janeiro é de até 10% na região compreendida entre o Cabo Frio e Macaé, bem como na região costeira adjacente à Baía de Sepetiba. Nas demais áreas onde existe probabilidade de toque na costa, incluindo

uma pequena porção do litoral norte do estado de São Paulo, a probabilidade é sempre inferior a 5%.

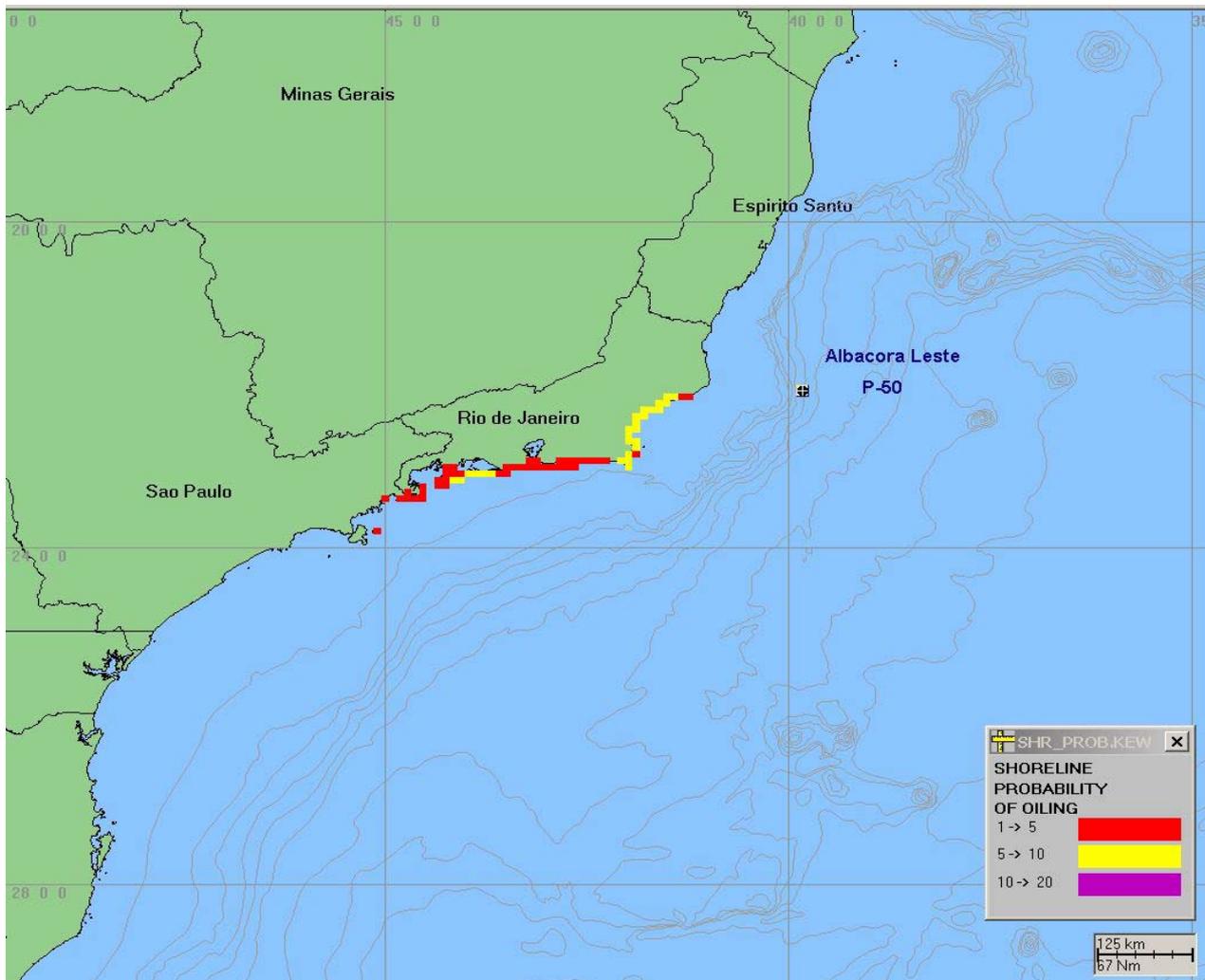


Figura 8.8.2-g. Cenário BC-P-50 INVERNO. Contorno de probabilidades de toque na linha de costa no para um acidente ocorrendo durante os meses de inverno (maio a agosto).

- **Simulação de cenários específicos**

A análise do resultado das simulações probabilísticas permitiu identificar várias classes de derramamentos, incluindo os cenários prováveis em caso de acidente. Para cada cenário, são apresentadas 5 figuras, descrevendo as derivas resultantes da modelagem. As 3 primeiras figuras apresentam a localização, a área e a espessura da mancha após 12, 36 e 60 horas do início do derrame, respectivamente. A quarta figura apresenta o balanço de massa (série temporal) calculado para o óleo cru ao longo das primeiras 60 horas de simulação. Os gráficos de balanço de massa mostram o grau de intemperismo que o óleo apresenta ao longo da simulação. E, finalmente, a quinta figura apresenta o primeiro instante em que a mancha toca a linha de costa ou o instante em que mancha está mais próxima da costa.

Cenário BC-P-50 V (26-Nov-92) – Os resultados do modelo OILMAP para este cenário, com derramamento de 335.208 m<sup>3</sup> de óleo cru, ocorrido em 26 de novembro de 1992, são apresentados a seguir. A Figura 8.8.2-h apresenta a posição e a espessura da mancha 12 horas após o início do derrame.

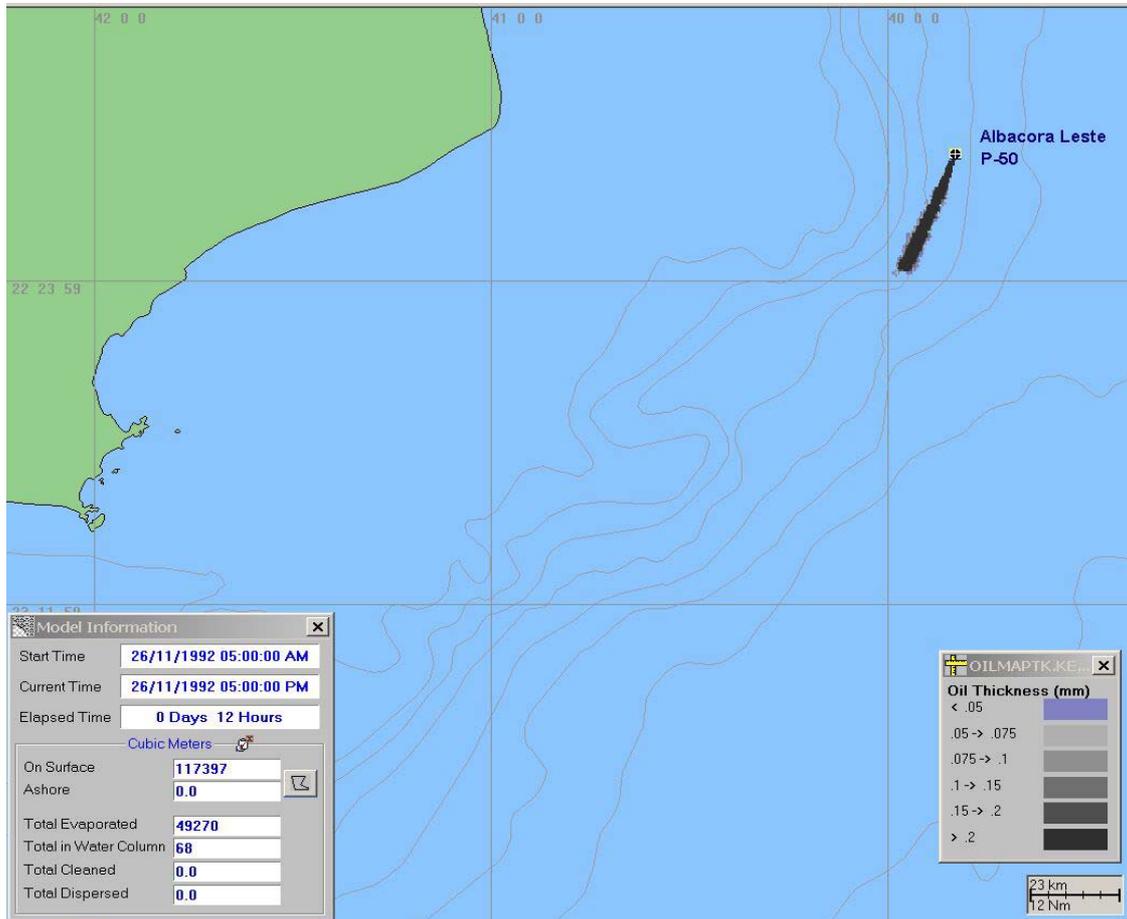


Figura 8.8.2-h. *Cenário BC-P-50\_V(26-Nov-92)*. Posição da mancha de cerca de 170 km<sup>2</sup>, 12 horas após o derrame.

A Figura 8.8.2-i apresenta a posição da mancha 36 horas após o derrame de 335.208 m<sup>3</sup> no Campo de Albacora Leste (P-50).

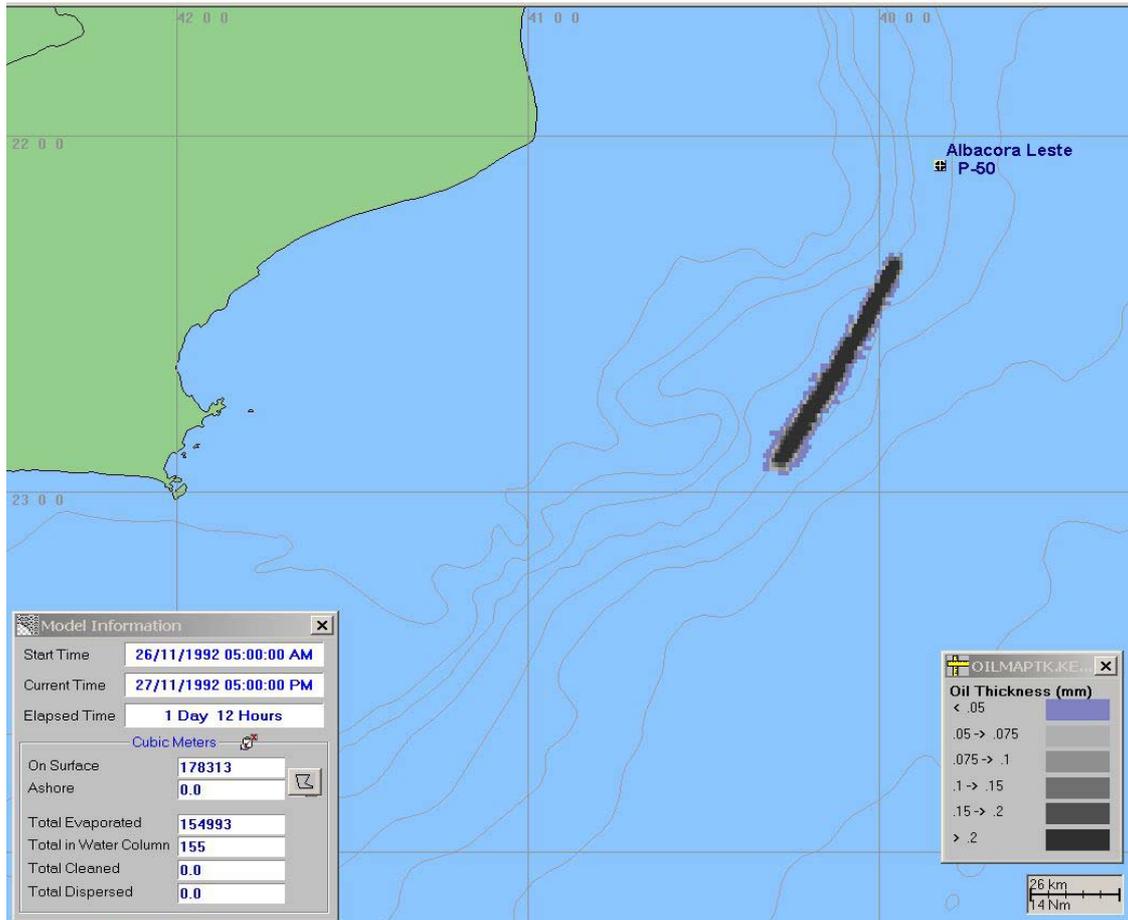


Figura 8.8.2-i. *Cenário BC-P-50\_V(26-Nov-92)*. Posição da mancha de cerca de 700 km<sup>2</sup>, 36 horas após o derrame de 335.208 m<sup>3</sup> no Campo de Albacora Leste (P-50).

A Figura 8.8.2-j apresenta a posição da mancha 60 horas após o derrame de 335.208 m<sup>3</sup> no Campo de Albacora Leste (P-50), enquanto na Figura 8.8.2-l é apresentado o balanço de massa ao longo das primeiras 60 horas após o derrame.

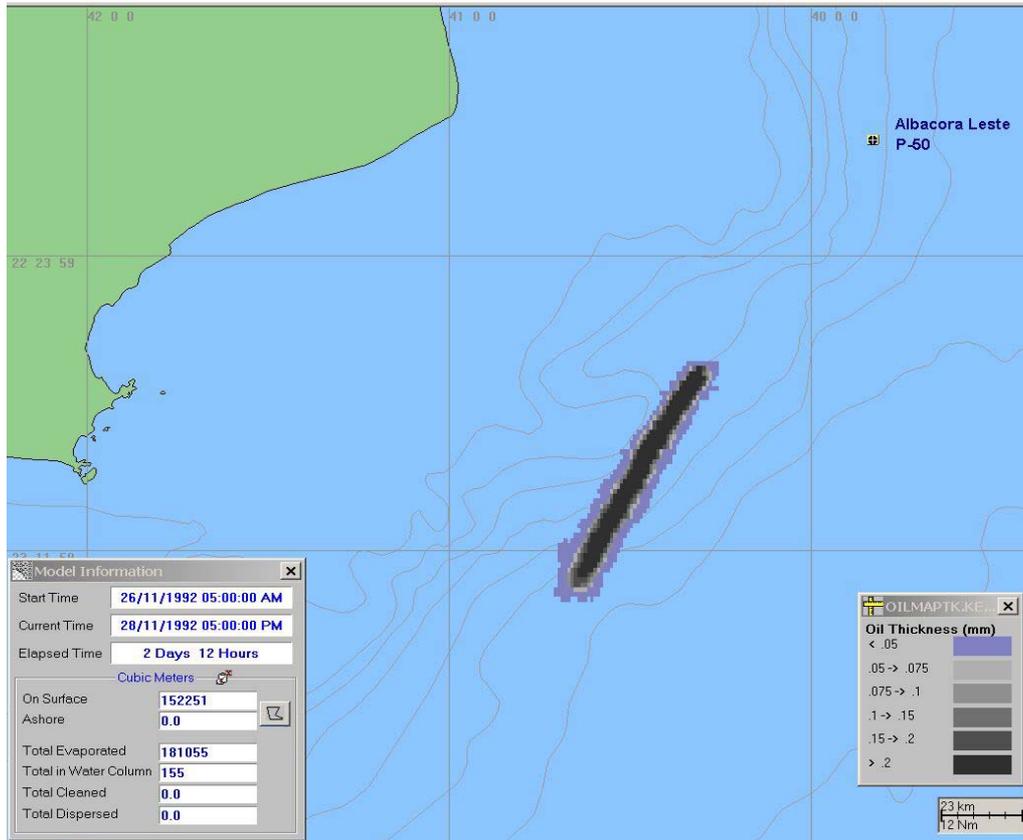


Figura 8.8.2-j. *Cenário BC-P-50\_V(26-Nov-92)*. Posição da mancha de cerca de 1.072km<sup>2</sup>, 60 horas após o derrame de 335.208 m<sup>3</sup> no Campo de Albacora Leste (P-50).

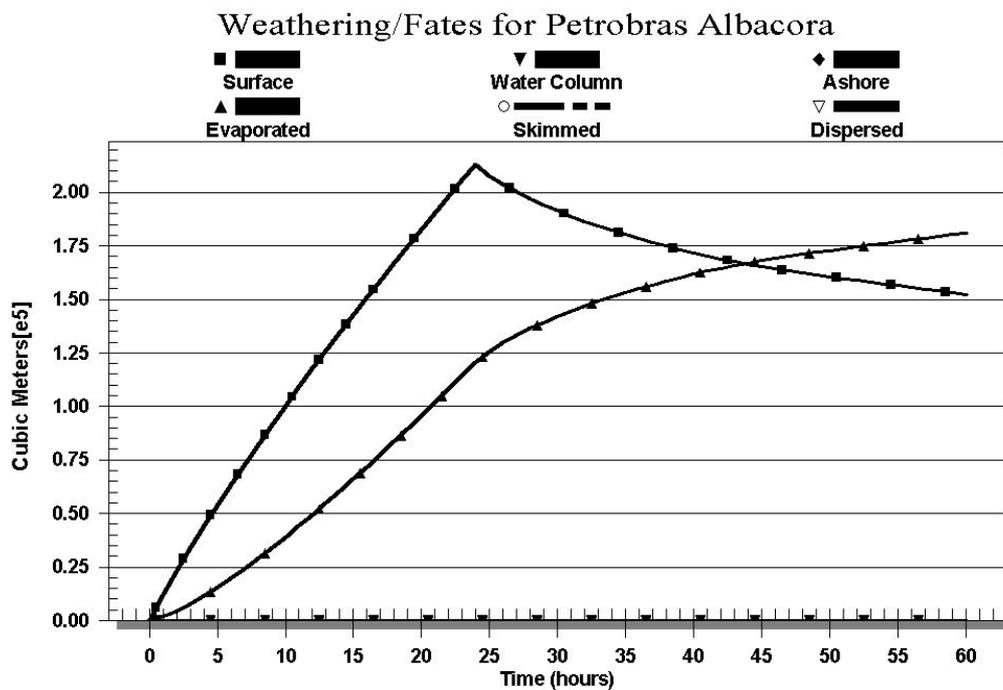


Figura 8.8.2-l. *Cenário BC-P-50\_V(26-Nov-92)*. Balanço de massa para as primeiras 60 horas após o início do derrame de 335.208 m<sup>3</sup> de óleo no Campo de Albacora Leste (FPSO P-50). Aproximadamente 176.000 m<sup>3</sup> de óleo evaporaram 60 horas após o início do derrame.

A Figura 8.8.2-m apresenta a posição da mancha 10 dias e 5 horas após o acidente, quando a mancha atinge a menor distância da costa. Durante esta simulação, a distância mais próxima da costa ocorreu no décimo primeiro dia, quando a mancha passou a cerca de 50 km da região da Ilha de Cabo Frio, por fora da isóbata de 200 metros.

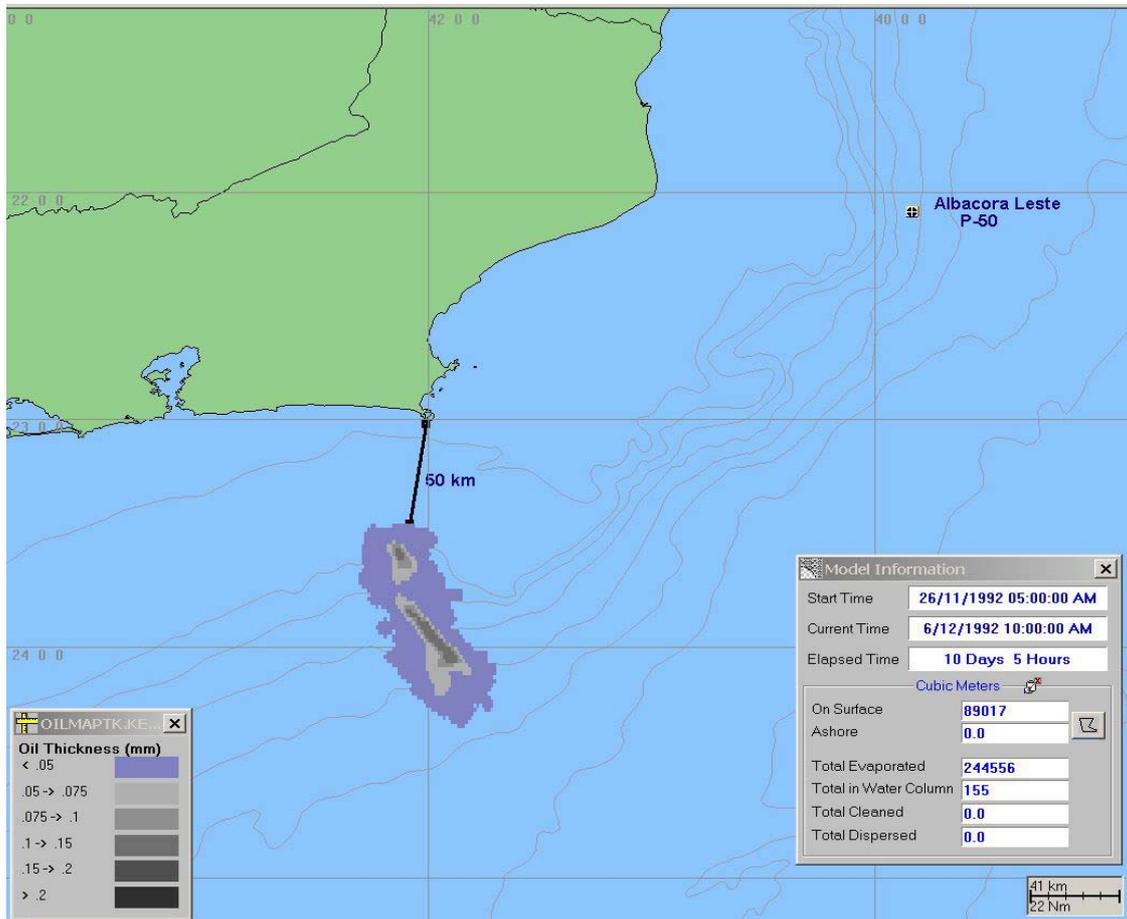


Figura 8.8.2-m. *Cenário BC-P-50\_V(26-Nov-92)*. Posição da mancha de cerca de 3.430 km<sup>2</sup>, 10 dias e 5 horas após o derrame de 335.208 m<sup>3</sup> de óleo.

*Cenário BC-P-50 I (7-Ago-92)* – Os resultados do modelo OILMAP para este cenário, com derramamento de 335.208 m<sup>3</sup> de óleo cru, ocorrido em 7 de agosto de 1992, são mostrados nas figuras a seguir. A Figura 8.8.2-n apresenta a posição da mancha 12 h após o derrame de 335.208 m<sup>3</sup> no Campo de Albacora Leste (P-50).

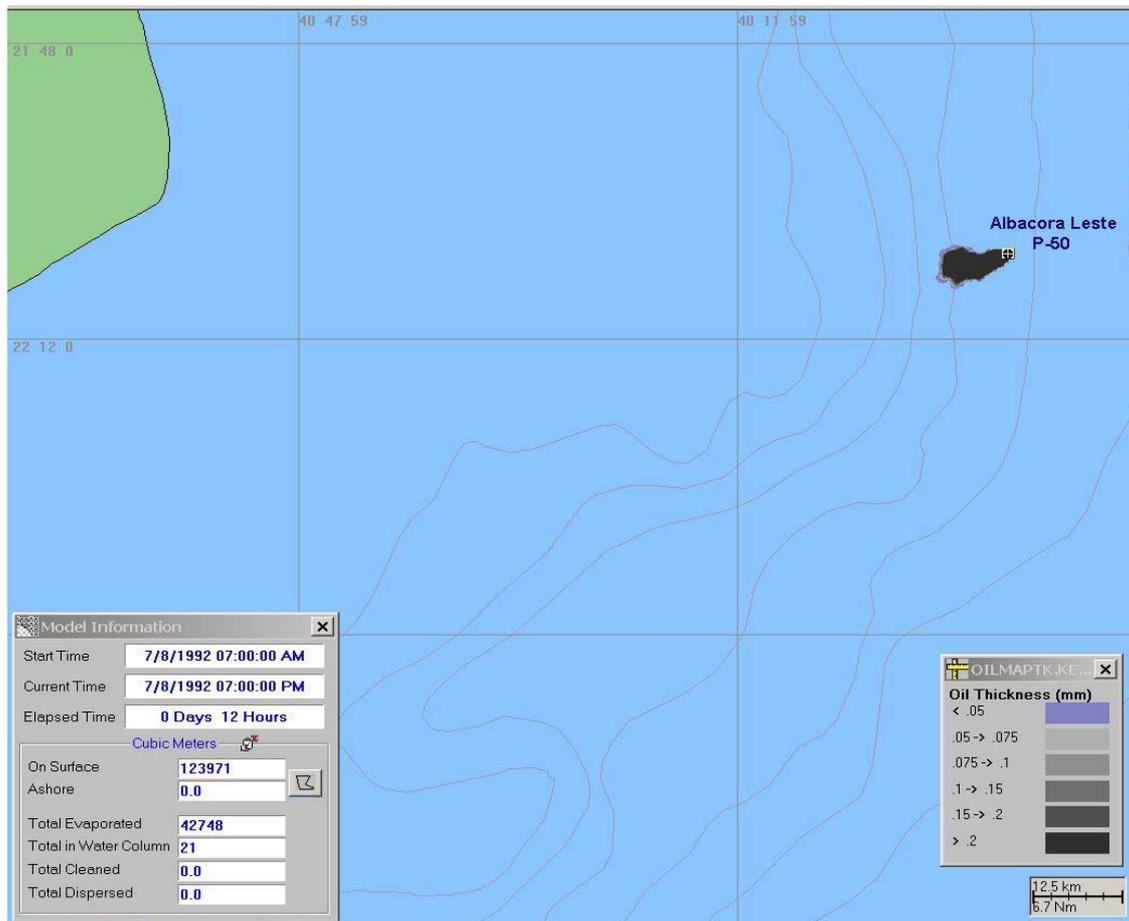


Figura 8.8.2-n. *Cenário BC-P-50\_I(7-Ago-92)*. Posição da mancha de cerca de 50 km<sup>2</sup>, 12 horas após o derrame de 335.208 m<sup>3</sup> de óleo no Campo de Albacora Leste (P-50).

A Figura 8.8.2-o apresenta a posição da mancha 36 horas após o derrame de 335.208 m<sup>3</sup> no Campo de Albacora Leste (P-50).

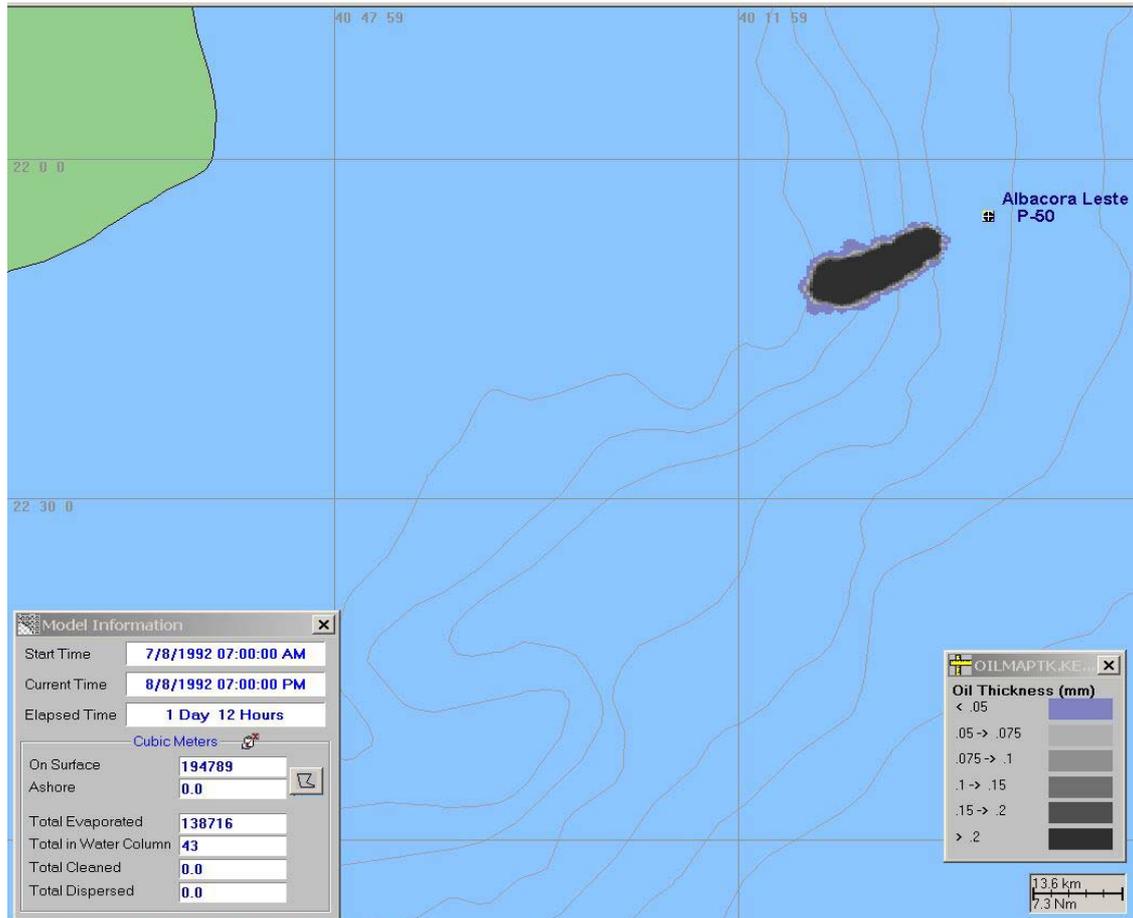


Figura 8.8.2-o. *Cenário BC-P-50\_I(7-Ago-92)*. Posição da mancha de cerca de 210 km<sup>2</sup>, 36 horas após o derrame de 335.208 m<sup>3</sup> de óleo no Campo de Albacora Leste (P-50).

A Figura 8.8.2-p apresenta a posição da mancha 60 horas após o derrame de 335.208 m<sup>3</sup> de óleo no Campo de Albacora Leste (P-50), enquanto na Figura 8.8.2-q é apresentado o balanço de massa ao longo das primeiras 60 horas após o início do derrame.

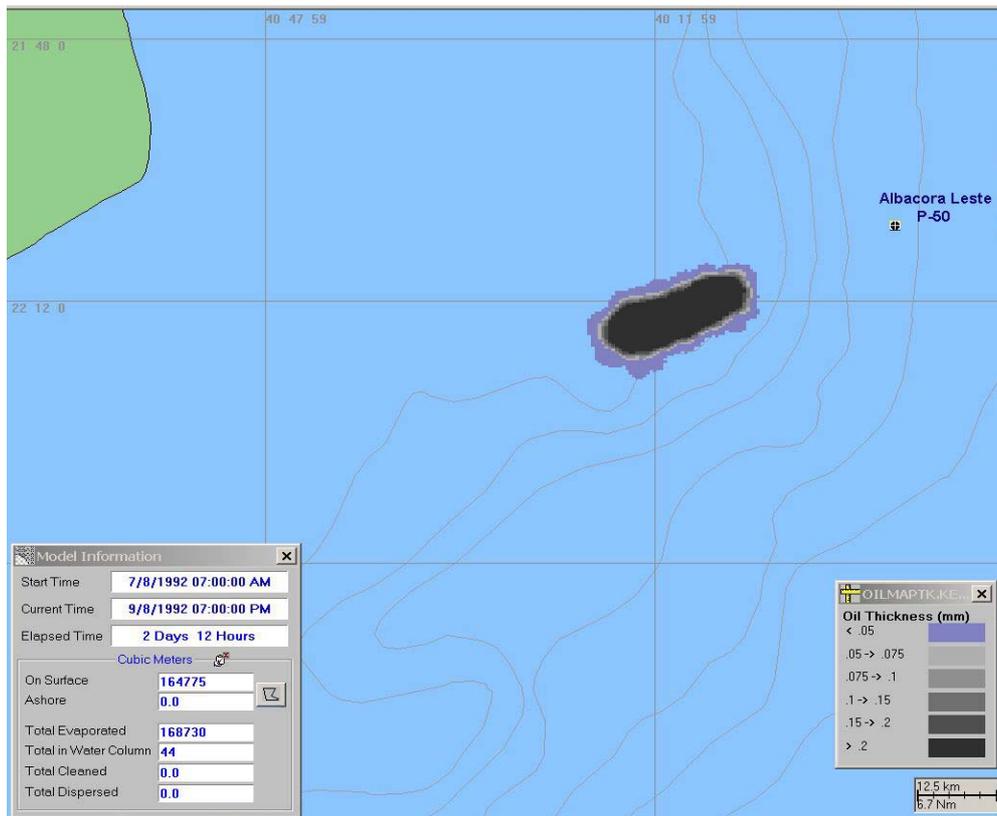


Figura 8.8.2-p. Cenário BC-P-50\_I(7-Ago-92). Posição da mancha de cerca de 340 km<sup>2</sup>, 60 horas após o derrame de 335.208 m<sup>3</sup> de óleo no Campo de Albacora Leste (P-50).

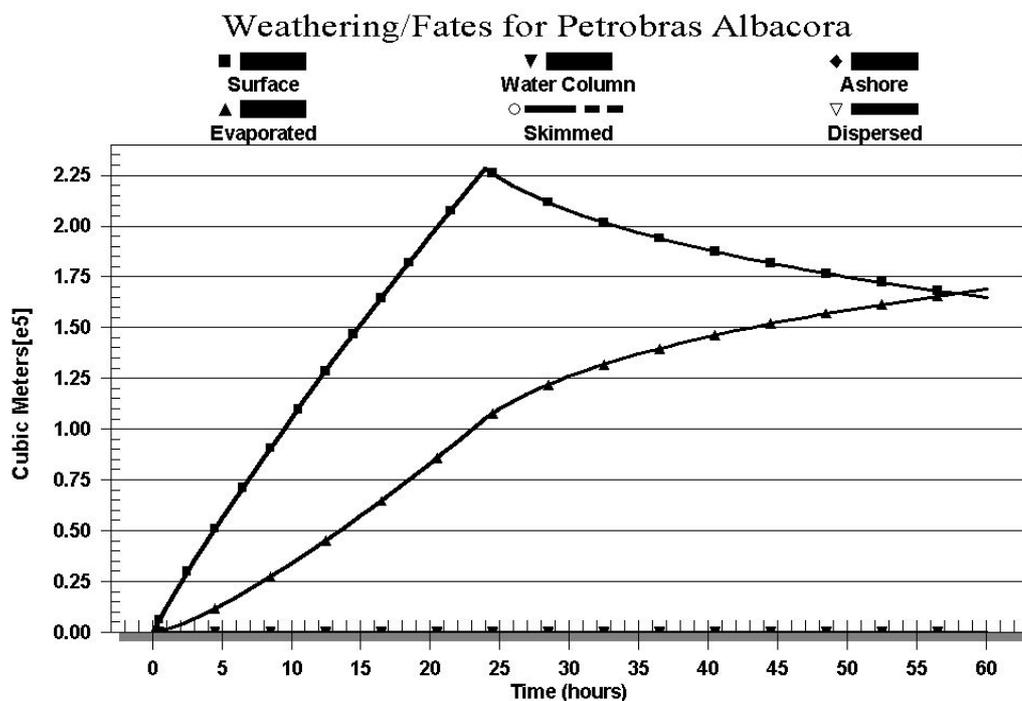


Figura 8.8.2-q. Cenário BC-P-50\_I(7-Ago-92). Balanço de massa para as primeiras 60 horas após o início do derrame de 335.208 m<sup>3</sup> de óleo no Campo de Albacora Leste (P-50). Aproximadamente 174.000 m<sup>3</sup> de óleo evaporaram 60 horas após o início do derrame.

A Figura 8.8.2-r apresenta o instante associado ao primeiro toque da mancha na linha de costa, 7 dias e 22 h após o derrame no Campo de Albacora Leste (P-50).

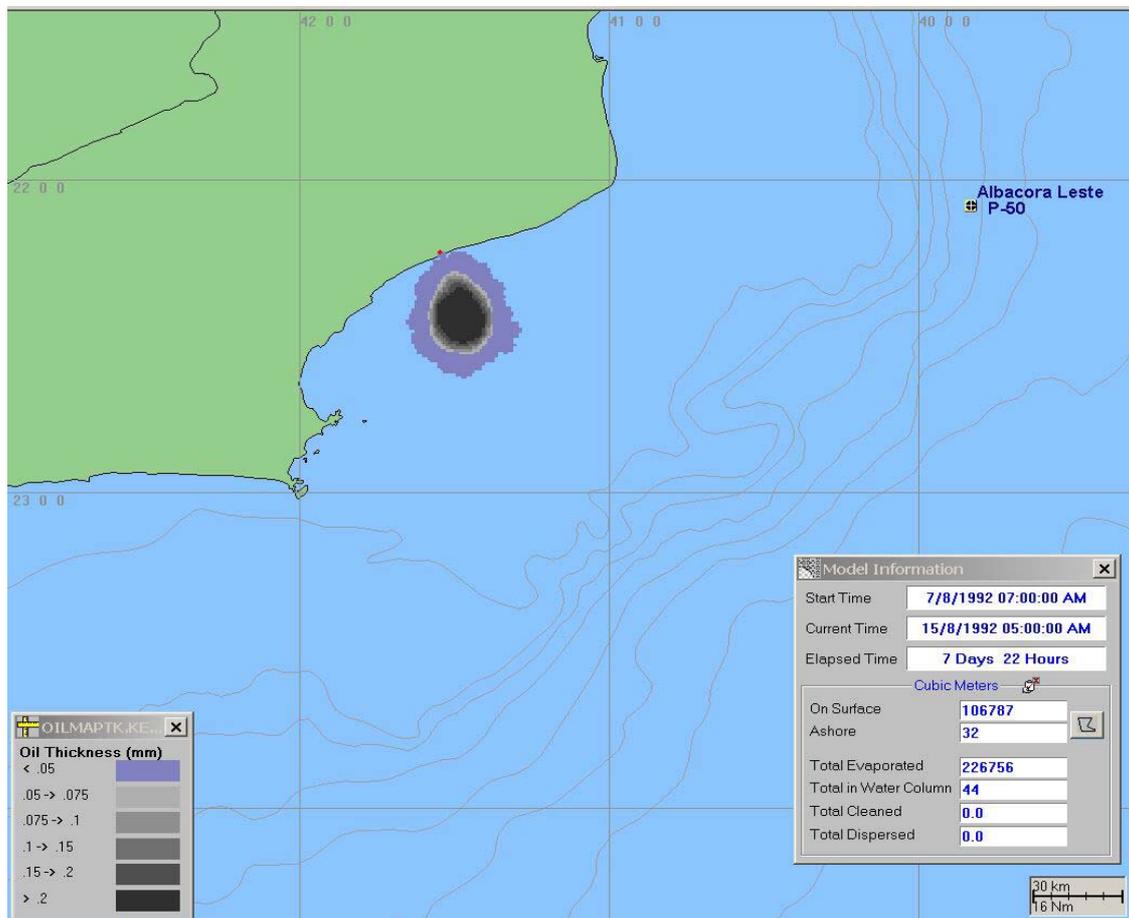


Figura 8.8.2-r. Cenário BC-P-50\_I(7-Ago-92). Posição da mancha ao tocar a linha de costa 7 dias e 22 h após o derrame de 335.208 m<sup>3</sup> de óleo no Campo de Albacora Leste (P-50).

A Figura 8.8.2-s apresenta o resultado conjunto das simulações apresentadas acima, no cenário BC-P-50\_I (7-Ago-92), ao longo de 7 dias e 22 horas após o derrame de 335.208 m<sup>3</sup> de óleo, quando este atinge a costa.

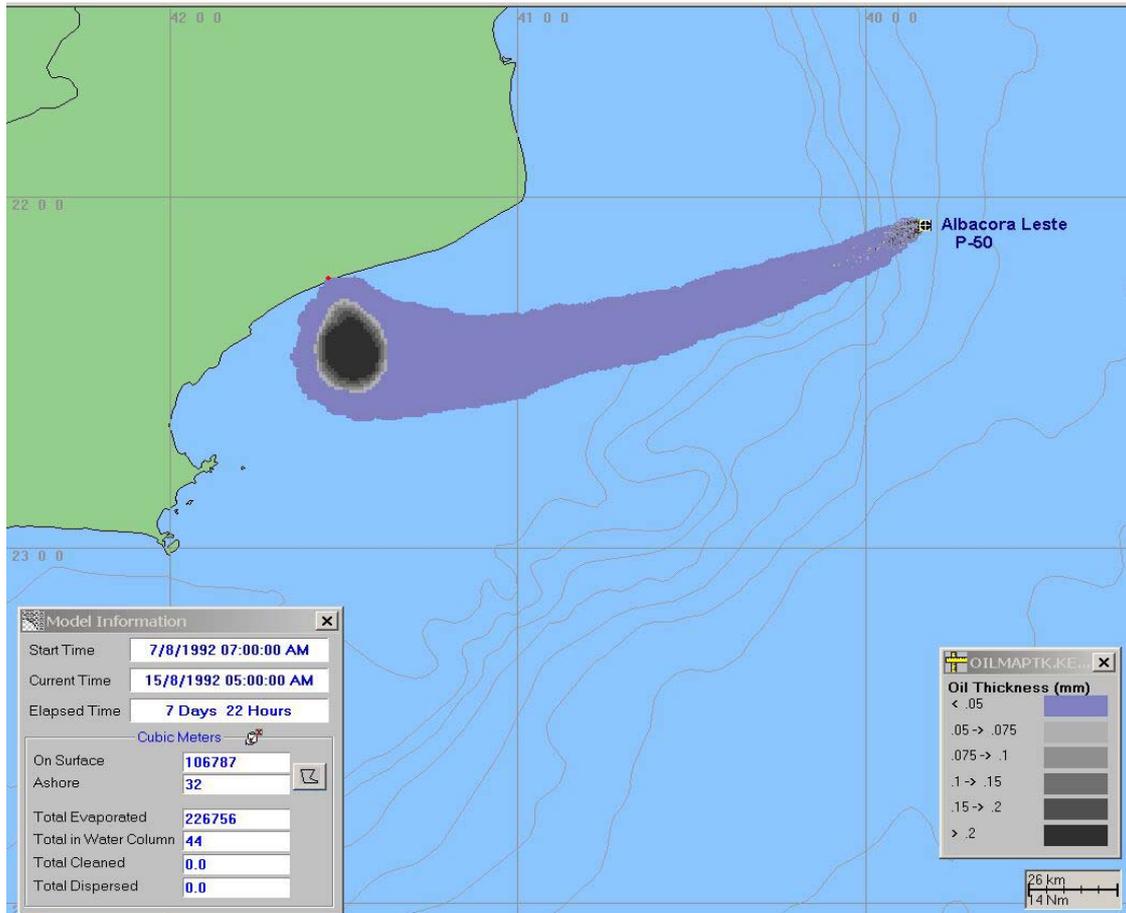


Figura 8.8.2-s. Trajetória da mancha de um potencial acidente com derrame de 335.208 m<sup>3</sup> de óleo cru e duração de 24 horas, iniciado em 07 de agosto de 1992, considerando os campos de corrente e de ventos do período. Destaca-se a área da mancha 7 dias e 22h após o acidente, quando a mancha atinge a costa.

#### d. Outros cenários avaliados

Além das simulações probabilísticas e determinísticas apresentadas anteriormente (cenário 1 - volume total derramado estimado em 335.208 m<sup>3</sup>, com uma vazão de 13.967 m<sup>3</sup>/h – pior caso), foram realizadas mais 6 simulações determinísticas. Foram realizadas simulações para a definição da localização, espessura e área das manchas de óleo, em instantes pré-definidos após o início dos potenciais acidentes. Tais informações irão auxiliar na confecção do Plano de Emergência Individual (PEI) para a plataforma P-50. Foram simuladas condições de verão e de inverno para cada um dos 3 cenários de derrames acidentais:

- **Cenário 2** - derrame de 3.766 m<sup>3</sup> de óleo diesel durante 24 horas;
- **Cenário 3** - derrame instantâneo de 200 m<sup>3</sup> de óleo cru;
- **Cenário 4** - derrame instantâneo de 8 m<sup>3</sup> de óleo cru.

O Quadro 8.8.2-c apresenta um resumo das áreas das manchas calculadas para cada um dos cenários simulados após 12, 36 e 60 horas do início do derrame para o cenário 2, após 6 horas para o cenário 3 e após 2 horas para o cenário 4.

Quadro 8.8.2-c. Área da mancha na superfície após 2, 6, 12, 36 e 60 horas do início de potenciais cenários de acidentes.

Cenário	Área da mancha (km <sup>2</sup> )				
	2 horas	6 horas	12 horas	36 horas	60 horas
1 (verão)	-	-	170	700	1.072
1 (inverno)	-	-	50	210	340
2 (verão)	-	-	144	702	1.094
2 (inverno)	-	-	45	208	340
3 (verão)	-	24	-	-	-
3 (inverno)	-	24	-	-	-
4 (verão)	7,9	-	-	-	-
4 (inverno)	7,3	-	-	-	-

As Figuras 8.8.2-t e 8.8.2-u apresentam as curvas de balanço de massa para o cenário 2 (derrame de 3.766 m<sup>3</sup> de óleo diesel durante 24 horas).

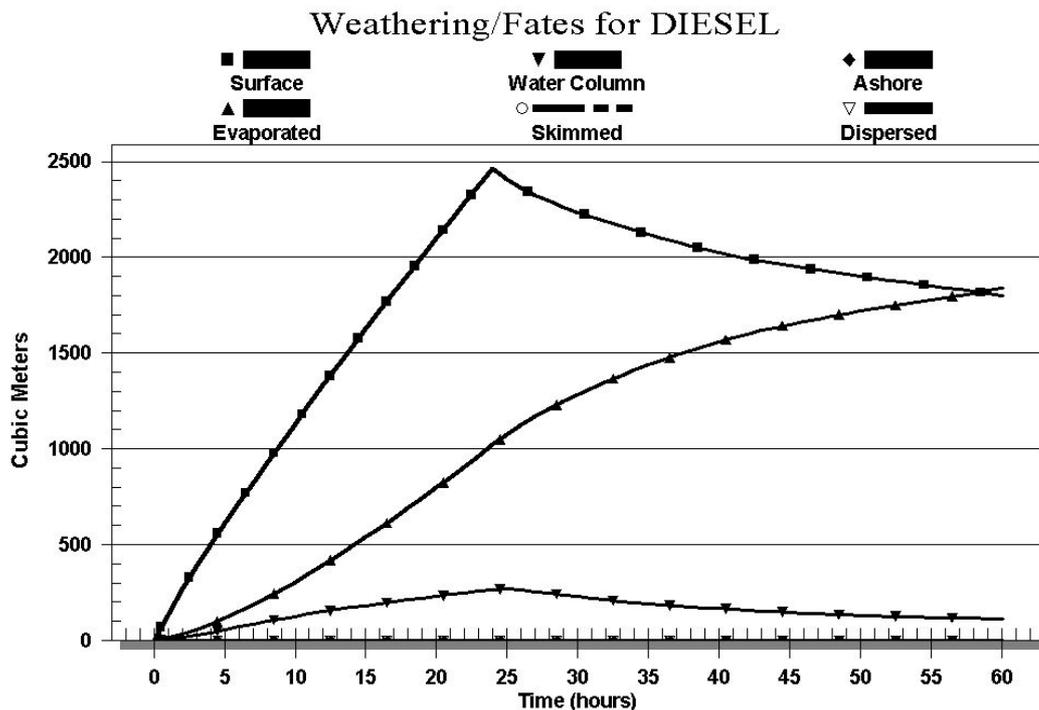


Figura 8.8.2-t. Cenário 2-Verão. Balanço de massa para as primeiras 60 horas após o início do derrame de 3.766 m<sup>3</sup> de óleo diesel no Campo de Albacora Leste (P-50) em condições de verão.

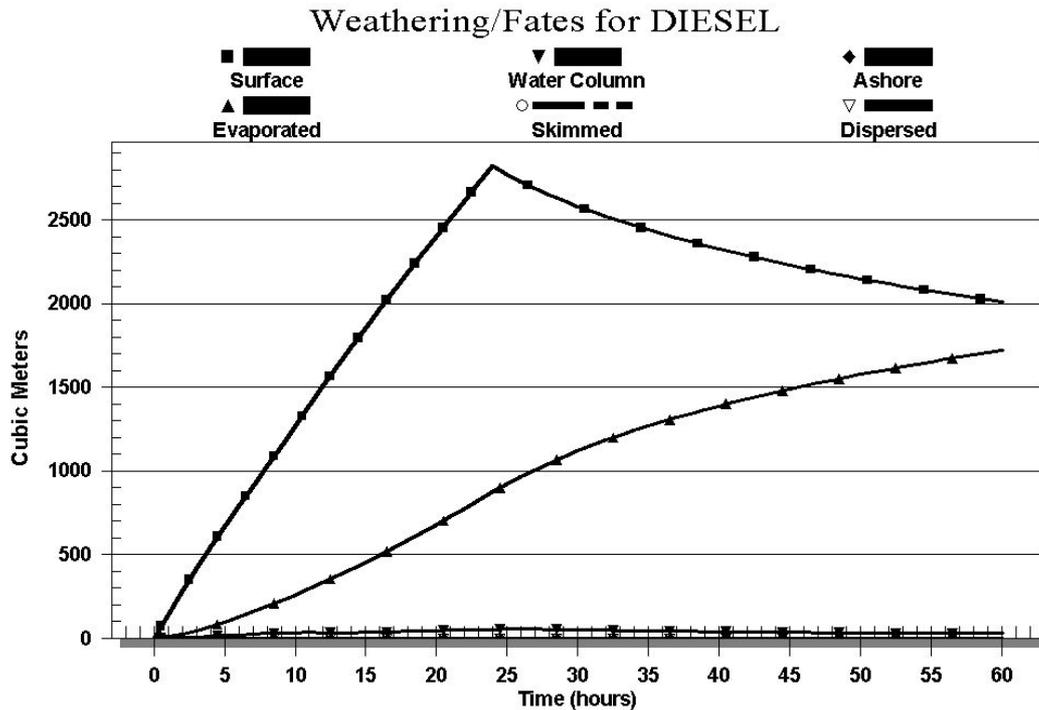


Figura 8.8.2-u. Cenário 2-Inverno. Balanço de massa para as primeiras 60 horas após o início do derrame de 3.766 m<sup>3</sup> de óleo diesel no Campo de Albacora Leste (P-50) em condições de inverno.

### e. Conclusões

O sistema de modelos OILMAP da Applied Science Associates (ASA) foi utilizado para estudar a trajetória e transformações biogeoquímicas de um potencial acidente com petróleo no FPSO P-50 no campo de Albacora Leste. Primeiramente, foram conduzidas simulações probabilísticas para determinar contornos de probabilidade da mancha atingir a área de estudo, a partir de um derramamento em um ponto na Bacia de Campos. Todos os cenários utilizaram um único tipo de óleo e um vazamento de 335.208 m<sup>3</sup>.

A análise dos resultados destas simulações probabilísticas permitiu identificar várias classes de derramamentos, incluindo os cenários prováveis em caso de acidente. Foram então, realizadas duas simulações específicas, uma de verão e outra de inverno, para estudar a trajetória e transformações destes casos prováveis.

Os resultados mostraram que, mesmo para esta condição catastrófica de um derrame de 335.208 m<sup>3</sup>, a probabilidade de a mancha chegar à costa é estatisticamente inexistente em condições de verão, enquanto no inverno apresenta probabilidade inferior a 10%.

Os resultados do modelo revelaram uma forte correlação entre a trajetória e destino de uma mancha simulada e o padrão de circulação na região, mostrando a importância da utilização de campos de velocidades obtidos através de modelos de circulação oceânica para a região. Sem dúvida, o uso de dados medidos *in situ* aliado a resultados numéricos confiáveis, faz com que os resultados aqui obtidos apresentem um maior grau de confiabilidade.

### 8.8.3. Caracterização ambiental da área afetada por derramamento acidental de óleo

Neste item, são analisados os aspectos relevantes a respeito da dinâmica e qualidade ambientais da área possivelmente afetada por um derramamento acidental de óleo a partir do FPSO P-50, abordando, de forma sucinta, os meios físico, biótico e socioeconômico, com o objetivo de subsidiar a análise dos efeitos ambientais resultantes.

Nessa caracterização, são contemplados os ambientes costeiro e oceânico, com ênfase nas relações entre os componentes ambientais descritos e nos aspectos mais relevantes dentro do contexto da Avaliação Ambiental do Risco. Para tanto, foram consideradas as características ambientais das bacias de Campos e de Santos, onde se situa a área possivelmente afetada pelo derramamento de óleo, conforme pode ser observado na Figura 8.8.3-a.

As informações apresentadas foram reunidas a partir de diversos estudos que vêm sendo realizados na costa sudeste brasileira pela Petrobrás e por convênios que envolvem universidades, empresas e governo, através de projetos como o REMAC, o LEPLAC e o REVIZEE. Os dados analisados são também baseados no Diagnóstico Ambiental apresentado no capítulo 5 do presente documento.

#### a. Considerações gerais

A Bacia de Campos, conforme caracterizado no Diagnóstico Ambiental (Capítulo 5 deste EIA), localiza-se na porção sudeste da costa brasileira, entre os paralelos 20,5° e 24° Sul, estendendo-se por uma área de cerca de 100.000 km<sup>2</sup> até a cota batimétrica de 3.400 m. De acordo com dados obtidos desta região, pode-se dizer que se trata da bacia mais produtiva dentre as bacias petrolíferas da costa brasileira.

Nesta bacia, as principais inter-relações dos meios físico, biótico e socioeconômico apresentam uma complexidade particular no contexto da costa brasileira, devido, principalmente, à interação entre as características geológico-morfológicas e oceanográficas da região. Estas características influem de maneira significativa na estrutura e dinâmica dos ecossistemas pertencentes à região.

Os fatores relacionados à geologia estrutural e à estratigrafia da região da Bacia de Campos revestem-se de especial importância porque condicionam as características do relevo submarino da região. Suas feições batimétricas induzem a ação de significativos efeitos de fundo sobre o fluxo das correntes, caracterizando a região pela ocorrência de freqüentes eventos de mesoescala como vórtices e meandros.

Os fatores climáticos também influenciam de forma significativa a dinâmica oceanográfica da região. A Bacia de Campos é caracterizada por um clima tropical estável, com temperaturas médias variando entre 21°C, no inverno, e 25°C, no verão. As correntes marinhas na região apresentam movimentos tanto horizontais (p. ex. variações no núcleo da Corrente do Brasil, vórtices etc.) como verticais (movimentos de ressurgência e subsidência das massas d'água), os quais estão intimamente associados à influência dos ventos e à morfologia do fundo oceânico.

Figura 8.8.3-a. mapa de sensibilidade

A circulação mais superficial da corrente do Brasil apresenta fluxos dominantes para sul, enquanto as camadas mais profundas, ao contrário, exibem fluxos verticais determinando mudanças na composição físico-química e química das massas d'água (p. ex. o enriquecimento das águas superficiais com nutrientes), e influenciando, desta maneira, a estrutura e comportamento das comunidades biológicas da região.

A Bacia de Santos, por seu turno, está localizada na porção sudeste da costa brasileira, entre os paralelos 23° e 28° Sul, abrangendo uma área de aproximadamente 275.000 km<sup>2</sup> até a cota batimétrica de 2.000 m. Sua delimitação ao norte, com a Bacia de Campos, se dá pelo alto de Cabo Frio (RJ) e, ao sul, com a Bacia de Pelotas, pelo Cabo de Santa Marta (SC).

O clima subtropical da região se caracteriza por duas frentes, sendo o da área do litoral norte de São Paulo do tipo tropical úmido, sem estação fria e com temperatura média do mês mais frio acima de 18°C. No litoral do Rio de Janeiro e Niterói, o clima é quente e úmido com chuvas de verão, possuindo uma estação seca bem pronunciada, que coincide com o inverno.

A Bacia de Santos constitui uma das maiores depressões do embasamento na costa brasileira, abrangendo o litoral dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina. As características gerais dos falhamentos da margem continental brasileira são de falhas normais, dispostas essencialmente paralelamente à linha de costa.

Quanto às características oceanográficas, o principal fator de determinação das massas d'água existentes na região da Bacia de Santos é a dinâmica dos processos físicos, que se estende sobre a plataforma até a borda do talude. A circulação de águas do Atlântico Sudoeste é regida pelo fluxo da Corrente do Brasil em direção ao pólo sul, ao longo da margem continental da América do Sul, e pelo fluxo da Corrente das Malvinas, para norte, sobre a quebra da plataforma continental Argentina.

Diferentemente da região da Bacia de Campos, onde a qualidade da água marinha é regida pela interação da AT (Água Tropical – Corrente do Brasil) com a ACAS (Água Central do Atlântico Sul), a região da Bacia de Santos tem sua plataforma continental ocupada, principalmente, pela AC (Água Costeira), resultante da mistura dos fluxos costeiros de descargas continentais com as águas da plataforma continental. Uma frente termal de fundo, com variação sazonal, separa as águas das plataformas interna e média, com variação sazonal, estando mais perto da costa (10-20 km) no verão e mais afastada (40-50 km) no inverno.

O sentido dos ventos rege o movimento das correntes na parte mais interna da plataforma da Bacia de Santos. Ventos provenientes de nordeste forçam a corrente no sentido sudoeste e vice-versa. O vento médio sazonal não é bem definido em função da alta variação observada. Em decorrência deste fato, as correntes médias sazonais também não são bem definidas. Estas correntes fluem predominantemente ao longo da costa e apresentam distribuição bimodal (nordeste-sudoeste), sendo que as mais freqüentes são as de sudoeste para nordeste.

As inter-relações entre as características oceanográficas, meteorológicas (principalmente regime de ventos) e geomorfológicas das regiões das bacias de Campos e de Santos influenciam diretamente as comunidades bióticas que aí se estabelecem.

Os itens a seguir apresentam uma síntese dos aspectos bióticos e antrópicos, subdivididos entre os ambientes costeiro e oceânico dessas bacias, que correspondem às áreas que podem ser afetadas por um derramamento acidental de óleo do FPSO P-50, no campo de Albacora Leste.

#### b. O ambiente costeiro

Para a avaliação ambiental dos efeitos de um possível derramamento de óleo na região costeira, torna-se necessário considerar que estes ambientes são banhados por águas caracteristicamente turbulentas, sujeitas às ações das ondas, marés e correntes, com maior variação na salinidade e temperatura do que as águas mais profundas, o que possibilita um maior número de tipos diferentes de habitat. A região costeira abrange as interações entre mar, terra, águas continentais e atmosfera. A transição entre essas fases caracteriza a dinâmica ambiental, à qual ainda se agrega a influência antrópica como um importante agente transformador.

Devido à sua diversidade biológica, as regiões costeiras podem ser consideradas verdadeiros “berçários” naturais, tanto para espécies marinhas, quanto para espécies dulcícolas, que migram para áreas costeiras por, pelo menos, uma fase do ciclo de vida. No entanto, devido à sua localização, são as áreas mais sujeitas a impactos causados pela ação antrópica.

As regiões costeiras se apresentam significativamente mais produtivas do que regiões mais ao largo da plataforma continental, refletindo um padrão decrescente da produtividade com a profundidade, tanto no verão quanto no inverno. Maiores taxas de produtividade primária durante o verão também são associadas a regiões de ressurgência e às regiões costeiras ou de meio da plataforma, por influência da mistura da ACAS e AC ou de contribuições continentais.

Dessa forma, a plataforma continental se destaca por apresentar uma grande biodiversidade entre os diferentes táxons que representam sua comunidade biológica. Dentre a fauna bentônica, destaca-se o zoobentos marinho da região sudeste como o mais conhecido da costa brasileira, tanto do ponto de vista taxonômico, quanto do ecológico. Sua composição e distribuição são equivalentes ao longo de toda a região. As variações na textura sedimentar, juntamente com gradientes de temperatura e ocorrência de diferentes massas d’água, são os principais fatores que influenciam a fauna do bentos. Os crustáceos decápodes, moluscos, diversos equinodermas, poliquetas e cnidários são os organismos dominantes da região da plataforma, em profundidades que variam entre 15 e 100 m.

Ao longo do litoral da região sudeste, a distribuição de macroalgas reflete as interações entre fatores históricos, biogeográficos e oceanográficos, características relevantes no que concerne à disponibilidade de substrato consolidado, ao aporte de água doce e às interações bióticas. No que se refere às algas calcárias, sua distribuição na costa sudeste se limita a pequenas “manchas” na plataforma externa. Os costões rochosos são os

ambientes que abrigam a maior diversidade de algas bênticas da região. Nestes ambientes, pode-se notar uma divisão de ocorrência das espécies de acordo com a zonação do costão.

Dentre os ecossistemas costeiros, os costões rochosos são considerados de alta relevância para o zoobentos. A fauna que ocorre junto às macroalgas é outro ponto importante a ser observado, em especial aquela que acompanha a feófito *Sargassum* spp, onde se ressalta a predominância de crustáceos peracarídeos (anfípodes, isópodes e tanaidáceos), que formam importantes associações faunísticas.

Observa-se a dominância das clorófitas *Ulva lactuca* e *U. fasciata*, em regiões mais eutrofizadas como as áreas portuárias. O gênero *Enteromorpha* predomina em regiões de baixa salinidade, afetadas pelo aporte de água doce. Pode-se citar, como exemplo, as águas eutrofizadas da Baía de Guanabara, onde as clorófitas dominam o ano inteiro, especialmente na primavera.

A fauna planctônica se diferencia significativamente entre os ambientes costeiro e oceânico, devido à marcante variabilidade ambiental, principalmente no que se refere à disponibilidade de nutrientes e luz. Na região em questão, as classes dominantes de fitoplâncton dividem-se em diatomáceas e dinoflagelados, presentes tanto em ambientes costeiros, quanto em ambientes oceânicos, e também nas classes de criptomônadas, prasinomônadas e clorófitas, características de ambientes costeiros.

Na região litorânea da Bacia de Santos, apesar dos altos níveis de poluição local, a biomassa e as taxas de fotossíntese são comparáveis aos de outros ambientes costeiros e estuarinos.

Na comunidade zooplanctônica, os copépodes formam o grupo dominante. Dentre os outros grupos, espécies de cladóceros, apendiculárias e quetognatos são os organismos mais importantes em densidade. Foram identificadas 31 famílias de ictioplâncton para a costa de São Paulo, somente na região de São Sebastião, com dominância de ovos e larvas de engraulídeos e clupeídeos. As áreas de desova destas espécies variam anualmente, sendo as principais compreendidas entre Ilha Grande (RJ) e Ubatuba (SP) e entre Santos (SP) e Paranaguá (PR).

Em relação às comunidades nectônicas, ressalta-se que as áreas em estudo reúnem um rico conjunto de espécies, configurando uma unidade biogeográfica de especial valor histórico e conservacionista, devido à alta incidência de endemismos. Dentre os grupos relacionados ao nécton, o mais dominante se refere ao grupo dos peixes, tendo sido identificado um total de 588 espécies.

Dentro dos limites estudados, algumas áreas exibem particular relevância para a manutenção da riqueza local, destacando-se, entre os sistemas costeiros, os ambientes lagunares presentes no trecho da costa entre a lagoa de Imboassica e a foz do rio Paraíba do Sul e os estuários dos rios São João (RJ), Macaé (RJ) e Paraíba do Sul (RJ).

Na região sudeste, a penetração de águas frias sobre o domínio interior da plataforma continental e a ocorrência de vórtices frontais na região costeira, e seu conseqüente aumento na produção primária, favorecem a ocorrência de peixes. Dentre as espécies

registradas na área de estudo, incluídas em cerca de 140 famílias, 24 são pertencentes à classe Chondrichthyes (ou elasmobrânquios) e 116, à classe Osteichthyes (ou teleósteos).

A classe Teleostii, ou peixes ósseos, contribui com 518 espécies registradas. Em sua maioria, estas espécies são migratórias, tendo seus estoques distribuídos, em alguns casos, por todo o oceano Atlântico ou até mesmo outros oceanos. Como exemplo, pode-se citar, dentre outros, atuns, bonitos, serras, cavalas e agulhões, espécies de grande valor econômico.

A Classe Elasmobranchii é composta por peixes com o esqueleto cartilaginoso, os tubarões e raias, adaptados à vida demersal ou pelágica. Para a região sudeste, foram identificadas 70 espécies destes animais. No entanto, os escassos dados disponíveis sobre os elasmobrânquios indicam a presença de apenas cinco espécies de tubarões costeiro-oceânicos na costa sul do Brasil (do Cabo de São Tomé ao Rio Grande do Sul). Em ambiente natural, sua principal ameaça se configura na atividade antrópica, devido principalmente ao acentuado esforço de pesca e à degradação de seus habitats.

No que se refere às espécies de lulas que ocorrem na região sudeste, 13 foram consideradas pelágicas (3 neríticas, 9 epipelágicas e 1 mesopelágica), 2 demersais e 1 associada a recifes de coral. As espécies que mais ocorrem em águas rasas (<200 m) são *Loligo plei*, *L. sanpaulensis* e *Illex argentinus*, que juntas totalizam cerca de 80% dos desembarques pesqueiros de cefalópodes.

Quanto à fauna de quelônios, encontra-se registrada na área de estudo a ocorrência de *Caretta caretta*, *Chelonia mydas* e *Eretmochelys imbricata*. Destas, foram registradas, para a região costeira de São Paulo e Rio de Janeiro, rotas migratórias das espécies *Caretta caretta* e *Chelonia mydas*.

Rotas de migração de cetáceos também ocorrem na região costeira da área de estudo. As principais espécies de baleias que migram entre essas áreas são a baleia jubarte (*Megaptera novaengliae*) e a baleia franca (*Eubalaena australis*). A presença destas espécies nas águas da costa brasileira acentua-se entre os meses de julho a novembro, quando estas migram de regiões temperadas em direção aos trópicos para o período de reprodução e cria de filhotes (Lodi *et al*, 1996 e Siciliano, 1997 *apud* Zerbini *et al.*, 1999).

Embora as rotas migratórias utilizadas pelas baleias jubarte quando se deslocam para suas áreas de reprodução ainda não sejam totalmente conhecidas, a Bacia de Campos é provavelmente utilizada pela espécie durante sua migração anual. Segundo relatório do REVIZEE (1998), a baleia jubarte foi a espécie de misticeto mais avistada durante os cruzeiros realizados pelo programa REVIZEE – Sul, na região oceânica (de 100 m a 2000 m).

Em relação às aves da região, são listadas pelo IBAMA 111 espécies, em função do seu grau de associação aos sistemas costeiros e marinhos. As ilhas costeiras da região sudeste são sítios de nidificação do trinta-réis *Sterna spp*, da pardela-de-asa-larga *Puffinus lherminieri*, do tesourão *Fregata magnificens*, do atobá *Sula leucogaster* e do gaiotão *Larus dominicanus*. O Arquipélago de Sant'ana, localizado a leste de Macaé e composto pelas ilhas do Sant'ana, do Francês, Ilhote do Sul e Ilha Ponta das Cavalas,

constitui local de desova de várias espécies de aves marinhas, principalmente gaivotas, além de ser uma importante área pesqueira.

Quanto às áreas prioritárias relativas à conservação de aves costeiras, destacam-se para a região seis complexos de ilhas e arquipélagos e uma área de restinga. De extrema importância biológica, pode-se citar as ilhas da Baía de Guanabara, Cagarras e Redonda (RJ) e ilhas da costa norte de São Paulo – Rapada, Cabras, Sumítica, Figueira e Codó. A Restinga de Marambaia (RJ) apresenta importância biológica muito alta (IBAMA, 2002).

A fauna e a flora da região costeira apresentam-se como uma importante fonte de alimento para as populações humanas, enquanto os estoques de peixes, moluscos e crustáceos continuam abundantes. Os recursos pesqueiros são considerados indispensáveis à subsistência das populações tradicionais da zona de litoral.

As características típicas das comunidades bióticas da região costeira determinam a possibilidade do desenvolvimento de atividades pesqueiras e turísticas significativas nesta área do litoral brasileiro. As atividades de pesca e turismo nas Bacias de Campos e Santos, além da exploração de óleo e gás natural na primeira, são notoriamente as bases das economias regionais, proporcionando incremento aos setores de indústria e de serviços em médio e longo prazos.

A pesca na região sul-sudeste pode representar até 80% da produção nacional de pescado. De acordo com dados do IBAMA (1997), os estados dessa região representavam cerca de 68% da total produção daquele ano. Deve-se ressaltar a importância dos estados de Santa Catarina e do Rio de Janeiro, que se mantêm como os pólos de produção do pescado na região.

No estado do Rio de Janeiro, o núcleo mais importante da atividade pesqueira está localizado na região metropolitana, sobretudo nos municípios de Niterói e São Gonçalo, onde ocorre a convergência de produção, inclusive de outros estados. O ponto de desembarque em Cabo Frio pode representar mais de um quarto de todo o pescado desembarcado no estado do Rio de Janeiro (1995 – 22,4%), o que vem a comprovar a relevância desta região para a produção pesqueira do estado. Além destes pontos, o município de Angra dos Reis, no litoral sul do Rio de Janeiro, também pode ser considerado como um importante local de desembarque de altas taxas de produção pesqueira.

O município de Macaé tem na atividade pesqueira grande importância socioeconômica, gerando um número significativo de empregos diretos e indiretos. Neste município, a atividade pesqueira é predominantemente artesanal, onde nenhuma das embarcações apresenta mais de 20 toneladas brutas de arqueação.

Informações coletadas junto aos pescadores indicam que a atividade pesqueira na região apresenta um comportamento decrescente em termos de captura, tendo como principais causas a sobrexploração e a poluição, tanto industrial quanto urbana, de ambientes importantes no ciclo de reprodução das espécies de pescado, o que vem exigindo um maior esforço de pesca.

As atividades relacionadas ao turismo constituem uma das mais importantes fontes de geração de emprego e renda, uma vez que a faixa litorânea do Estado do Rio de Janeiro representa um espaço territorial privilegiado para o desenvolvimento turístico. Cabo Frio, juntamente com os demais municípios da chamada Região dos Lagos, assim como a região de Ilha Grande e a Costa Verde, que engloba Angra dos Reis e Parati, além da Baixada Santista, constituem centros de turismo dos mais conhecidos do litoral da região sudeste. O turismo de segunda residência, aluguel de residência para temporada, ocupação hoteleira/pousada e de negócios compreendem as principais modalidades de turismo presentes em diversas regiões.

Os atrativos naturais locais, com diferentes características geomorfológicas, como costões rochosos, praias, restingas e sistemas estuarinos e lagunares, provocam a afluência de um expressivo contingente populacional, seja de novos moradores, seja de turistas e veranistas. Tendo em vista a conservação do patrimônio destes ambientes naturais, tem sido implantado, na região sudeste do Brasil, um grande número de Unidades de Conservação, especialmente nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, sendo contabilizados para a região descrita 17 Áreas de Proteção Ambiental, 13 Reservas Biológicas, 3 Áreas Naturais Tombadas, 15 Parques, 3 Áreas sob Proteção Especial e 3 Áreas de Relevante Interesse Ecológico, conforme pode ser observado na Figura 8.8.3-a. Estas unidades visam à conservação dos ambientes e da biodiversidade existente em ilhas oceânicas e costeiras, pradarias marinhas, baías, costões rochosos, estuários, ambientes lagunares, manguezais, praias, restingas e áreas continentais, ecossistemas que apresentam suma importância para a biota marinha costeira.

A seguir, apresenta-se uma caracterização sucinta dos principais ecossistemas da região, que podem ser localizados a partir da Figura 8.8.3-a, apresentada anteriormente.

#### ❖ Manguezais, Estuários e Lagunas Costeiras

Define-se como manguezal o sistema costeiro tropical e subtropical de transição entre os ambientes terrestre e marinho, dominado por espécies vegetais típicas, de grande importância para a fauna associada, mas de baixa diversidade, o que torna o sistema mais frágil, enfatizando a importância econômica de sua conservação. Os organismos associados às espécies vegetais estão particularmente adaptados a um substrato periodicamente inundado pelas marés, com grandes variações de salinidade.

Os manguezais são considerados como um dos ecossistemas mais produtivos do planeta (Shaeffer-Novelli, 1999).

Na região da Baía de Guanabara (RJ), os manguezais destacam-se por possuírem uma vegetação remanescente, permanecendo restritos a uma área de cerca de 81,5 km<sup>2</sup>, e se concentram, principalmente, na Área de Proteção Ambiental de Guapimirim e em algumas formações dispersas em Duque de Caxias, Ilha do Governador, Canal da Maré e Ilha do Fundão (Amador, 1988).

As espécies vegetais arbustivas / arbóreas que ocorrem em manguezais dessa região são: *Avicennia schaueriana* (mangue siriba), *Laguncularia racemosa* (mangue branco) e *Rhizophora mangle* (mangue sapateiro).

Estuários são corpos d'água costeiros que correspondem à transição entre águas marinhas e fluviais. As comunidades vegetais e animais existentes nestes ambientes estão adaptadas às variações de salinidade e altura das águas, geradas pela variação de maré, principal dinâmica neste tipo de ambiente.

Estes ecossistemas são considerados verdadeiros criadouros de moluscos, peixes e crustáceos, o que lhes confere um elevado interesse econômico, podendo-se observar a ocorrência de atividades pesqueiras artesanais por parte das comunidades litorâneas da região.

As lagoas costeiras são corpos d'água semi-fechados que apresentam estreita relação com o mar adjacente. São geralmente rasas, podendo ser registradas, na maior parte do ano, elevadas temperaturas, que variam muito em função da salinidade. Suas águas oscilam entre oligohalinas e hiperhalinas.

As lagoas comunicam-se com o oceano através de um ou mais canais, que podem ser temporariamente fechados em situações de tempestades.

O perfil do entorno dos estuários, baías e lagoas costeiras do Sudeste constitui-se de formações intrinsecamente frágeis. Estes ambientes, quando alterados por distúrbios naturais ou antropogênicos, podem até acarretar danos irreversíveis para o sistema, comprometendo as importantes funções que estes realizam (IBAMA, 2002).

Segundo dados do IBAMA (2002), dentre os estuários, manguezais e lagoas costeiras de importância prioritária para conservação na região, destacam-se, em função de sua importância biológica, a Baía de Ilha Grande (RJ, SP) e as lagoas costeiras da região norte do Rio de Janeiro, consideradas de extrema importância biológica, e a Baía de Guanabara e as lagoas costeiras de Jacarepaguá, Marapendi e Tijuca, pertencentes à região sul do Rio de Janeiro, consideradas de importância muito alta.

#### ❖ **Costões rochosos**

Os costões rochosos são considerados ecossistemas de grande relevância para ambientes costeiros, já que comportam um grande número de espécies de alta importância ecológica e econômica, tais como macroalgas, mexilhões, ostras, crustáceos e uma variedade de peixes.

Devido à proximidade com o continente, estes ecossistemas recebem grande aporte de nutrientes, apresentando uma alta taxa de produção primária. Como consequência, os costões rochosos são locais de alimentação, crescimento e reprodução de um grande número de espécies.

Estes ecossistemas sofrem diversas pressões antrópicas, destacando-se o desmatamento de suas encostas e até mesmo sua destruição para a construção de condomínios e marinas, em especial nas regiões onde o turismo é mais intenso.

Na região em questão, destaca-se a existência de numerosos costões rochosos, encontrados em praias continentais e ilhas, dentre os quais podem ser citados os costões da Ilha de Cabo Frio e de Ilhabela (considerados de importância biológica extrema); da

Baía de Guanabara e arredores; e de Picinguaba (SP) a Marambaia (RJ), que apresentam importância biológica muito alta (IBAMA, 2002).

#### ❖ Restingas

As restingas caracterizam-se como planícies costeiras, de formação sedimentar terciária e quaternária, depositadas, principalmente, em ambientes marinho, continental ou transicional. Estão comumente associadas a desembocaduras de grandes rios e/ou reentrâncias na linha de costa (Villwock, 1994 *apud* Silva, 1999). Seus sedimentos arenosos são colonizados por dunas, que abrigam uma comunidade pioneira adaptada à alta salinidade.

A flora das restingas brasileiras pode ser considerada como um conjunto de pouca riqueza, principalmente quando comparada com outros tipos de vegetação. Quanto à diversidade, obtêm-se valores muito altos quando se considera o conjunto de ecossistemas e habitats presentes nas restingas. No entanto, considerando cada um dos ecossistemas individualmente, estes valores passam a ser baixos (IBAMA, 2002).

As planícies costeiras formadas pela justaposição de cordões litorâneos são uma das feições mais marcantes do sudeste do Brasil, onde podem ser encontradas praias, dunas frontais e cordões litorâneos.

As restingas limitam estuários, lagunas, ambientes de praia e pântanos, sendo de extrema importância para a dinâmica dos ecossistemas costeiros.

Segundo dados do IBAMA (2002), dentre as áreas prioritárias para a conservação de restingas, destacam-se na região: Arraial do Cabo, Cabo Frio e Búzios (Região dos Lagos - RJ), além do litoral norte de São Paulo, áreas consideradas de importância biológica extrema; Maricá e Ilha Grande, classificadas como de importância biológica muito alta; e a Restinga de Jacarepaguá, de importância biológica alta.

#### ❖ Praias arenosas

As praias são ambientes altamente dinâmicos, sujeitos a mudanças constantes, sendo estas diárias, sazonais e de longo prazo. O termo praia é aplicado à área costeira que se estende do limite superior da ação das ondas até a marca de maré baixa, sendo constituída de sedimentos inconsolidados, principalmente areias. As praias estão presentes em todas as latitudes, em locais onde o oceano e o continente se encontram e onde exista disponibilidade de sedimentos e um espaço que permita sua acumulação.

Devido ao seu alto dinamismo e ao tipo de sedimento encontrado, a região de praia caracteriza-se por uma fauna rica, porém, muitas vezes, encontrada apenas entre os grãos de sedimento. É a chamada infauna, que habita os sedimentos inconsolidados das praias arenosas.

As praias vêm sofrendo uma crescente descaracterização em razão da ocupação desordenada da região litorânea e do aporte de diferentes formas de efluentes, tanto de origem industrial, quanto doméstica, o que tem levado a um sério comprometimento de sua balneabilidade, principalmente daquelas próximas a centros urbanos (IBAMA, 2002).

Segundo dados do IBAMA (2002), as áreas prioritárias para a conservação de praias na região incluem, dentre outras, o Canal de São Sebastião (de extrema importância biológica); e as praias de Guaratiba até Cabo Frio, da Baía de Guanabara e do Peró (RJ) e as de Caraguatatuba até a ponta da Juatinga (SP), de importância biológica muito alta.

### c. O ambiente oceânico

Ao longo do litoral em estudo, a plataforma continental apresenta-se consideravelmente ampla, com relevo suave e monótono. O gradiente é geralmente ameno, com valor médio de 1:1000. Os contornos batimétricos acompanham bem de perto a linha de costa e definem, no conjunto, uma superfície regular, sem formas topográficas acrecionais ou erosivas, de grande amplitude regional.

A plataforma continental atinge sua largura máxima (cerca de 230 km de extensão) próximo à cidade de Santos, e sua largura mínima (aproximadamente 50 km de extensão) em frente à cidade de Cabo Frio. A profundidade da quebra da plataforma varia entre 40 e 180 m, apresentando uma média de 140 a 160 m. Seu traçado também acompanha a linha de costa, sendo caracterizada por uma morfologia convexa e arredondada, bastante uniforme, o que suaviza a transição plataforma-talude.

O talude da região da Baixada Campista é recortado por inúmeros cânions, ao longo de sua extensão. Numa região mais para o sul da bacia, aproximadamente entre as latitudes de Macaé e Búzios, o talude continental apresenta-se novamente recortado por um conjunto de cânions e ravinamentos, referido na literatura como Grupo Sudeste de Cânions.

O talude da Bacia de Santos caracteriza-se por apresentar um perfil padrão convexo, largura típica de moderada a ampla e baixos gradientes de declividade, estendendo-se por cerca de 2.200 km ao longo de toda a região sul. Sua largura é relativamente homogênea, variando entre 120 e 150 km. Seu limite inferior situa-se entre 2.400 e 2.900 m de profundidade, exceto nas áreas junto ao platô de São Paulo, onde este alcança 2.000 m.

No ambiente oceânico, o gradiente batimétrico age como regulador das comunidades bióticas, devido ao fato da coluna d'água apresentar-se relativamente uniforme, com flutuações sazonais ocorrendo somente em algumas áreas. Tanto as águas superficiais da plataforma como as do talude brasileiros possuem características tropicais e subtropicais, em termos de fatores oceanográficos e bióticos.

Devido às dificuldades metodológicas, em especial amostrais, existem poucas informações sobre a biota de regiões oceânicas profundas. No entanto, sabe-se que, em comparação com os valores conhecidos para as regiões costeiras, organismos que ocorrem nas áreas do talude apresentam baixa densidade e riqueza, conseqüência direta do ambiente “desfavorável” em que vivem. Nestas regiões, o fundo biológico, limite inferior para a produção primária, situa-se em torno de 200 m, oferecendo poucos tipos de habitat disponíveis para os organismos.

Com relação à comunidade planctônica, especialmente a fitoplanctônica, observa-se uma alta diversidade de espécies. No entanto, a densidade das mesmas é baixa, sendo que um grande número de espécies é raro e especialista, tornando-se bons exemplos como bioindicadores de massas d'água.

Quanto à produção primária, a fertilidade das águas da plataforma continental das bacias de Campos e de Santos está diretamente ligada ao aporte das águas frias e ricas da ACAS durante os meses de verão. As águas ressurgidas em Cabo Frio, que se deslocam para o sul, influenciam até a região de São Sebastião.

Dentre as classes de fitoplâncton, as mais freqüentemente observadas na região oceânica em questão incluem as diatomáceas e dinoflagelados, além dos coccolitoforídeos. Sendo mais adaptados a situações de escassez de nutrientes, os dinoflagelados podem apresentar heterotrofia facultativa, constituindo o grupo de maior representação quantitativa em águas oceânicas. Estes são seguidos pelas diatomáceas, organismos que apresentam ocorrência limitada pela concentração de sílica, encontrada apenas nas regiões mais costeiras.

A camada eufótica varia de 20 a 80 m na plataforma interna, de 30 a 75 m nas plataformas média e externa, de 30 a 110 m no talude e de 40 a 120 m nas áreas oceânicas com profundidades superiores a 3.000 m.

Em termos de concentração de nutrientes, as condições da plataforma interna variam de mesotróficas a eutróficas, enquanto que as plataformas média, externa e a região de quebra da plataforma apresentam condições mesotróficas, às vezes, eutróficas, com valores típicos de ressurgências de quebra de plataforma. Já o talude e a margem continental, com águas características do giro subtropical, apresentam condições oligotróficas.

Na região oceânica brasileira, uma das principais características ecológicas da comunidade bentônica é a alta diversidade de espécies, comum em oceanos tropicais. No entanto, essas espécies apresentam baixa densidade e biomassa. Neste contexto, é importante ressaltar que tanto as espécies utilizadas como alimento quanto aquelas que ocorrem em águas rasas e costeiras são mais bem estudadas do que as que ocorrem nas regiões oceânicas profundas. Outro fato considerável se refere ao tamanho dos indivíduos: a dificuldade de se obter informações parece aumentar com a diminuição de tamanho destes, sendo a macrofauna a fração mais bem conhecida.

Da mesma forma como acontece na plataforma continental, a fauna zoobentônica do talude da costa central brasileira é primordialmente influenciada pelas variações de textura do sedimento e pelos gradientes de temperatura e ocorrência de diferentes massas d'água.

Como principais fatores no contexto das comunidades bentônicas da região em questão, podem ser citadas a presença de um banco de algas pardas (*kelps*) do gênero *Laminaria* (Joly & Oliveira, 1967), que se estende do norte de Cabo Frio até o sul da Bahia (Oliveira & Qüege, 1978; Qüege, 1988 *apud* Lana *et al.*, 1996), caracterizado pela ocorrência de espécies de grande importância econômica, podendo ser utilizadas como alimento (*kombu*) ou fonte de alginatos; e a presença de corais de águas profundas (*Lophelia*

*pertusa* e *Madrepora oculata*) na região oceânica sudeste, sobretudo na Bacia de Campos (Cairns, 1979; Castro *et al.*, 1999), que está relacionada à presença da Água Intermediária Antártica (AIA) a grandes profundidades no talude.

Com relação à fauna nectônica da região oceânica, as espécies de peixes que habitam a plataforma externa e o talude representam cerca de 18% do total. Segundo Hazin *et al.* (1999), as espécies mais comumente encontradas na região oceânica da costa brasileira são representantes das famílias Lampridae (*Lampris guttatus* – peixe papagaio), Coryphaenidae (*Coryphaena hippurus* – dourado), Scombridae (*Thunnus albacares* – albacora-laje; *Thunnus alalunga* – albacora branca; *Katsuwonus pelamis* – bonito listrado), Xiphiidae (*Xiphias gladius* – espadarte), Istiophoridae (*Tetrapturus albidus* – agulhão branco). Outros dados indicam a ocorrência de espécies pertencentes às famílias Serranidae, Scorpaenidae, Triglidae, Lutjanidae, Pinguipedidae, Gadidae e Mullidae.

O conhecimento sobre tubarões costeiros, ou seja, que ocorrem desde a zona entremarés até o limite batimétrico de 200 m (i.e plataforma continental), incluindo-se zonas estuarinas e formações recifais, é ainda incipiente no Brasil. Entretanto, esses dados são ainda mais consistentes se comparados com aqueles sobre os tubarões e raias oceânicos ou mesmo do talude continental.

Até a presente data, 91,3% dos elasmobrânquios costeiros conhecidos no Brasil ocorrem na costa Sul (do Cabo de São Tomé ao Rio Grande do Sul). Destes, 20 espécies apresentam hábitos costeiros e 5, hábitos costeiro-oceânicos (Lessa *et al.*, 1999).

Quanto à fauna de quelônios, o Projeto TAMAR/IBAMA registrou, para a região oceânica da Bacia de Santos, rotas migratórias de duas espécies: *Chelonia mydas* e *Lepidochelys olivacea*. Para a região da Bacia de Campos, houve registro reprodutivo somente para *Caretta caretta*. As espécies *C. mydas* e *Eretmochelys imbricata* também possuem registro, mas não reprodutivo.

A ocorrência de espécies de cetáceos registrada para as regiões costeira e oceânica da costa sudeste inclui famílias representantes de baleias e golfinhos. Dentre os mysticetos, baleias de barbatanas, ressalta-se a presença de duas espécies que utilizam estas águas como rotas migratórias para reprodução, a jubarte (*Megaptera novaengliae*) e a franca (*Eubalaena australis*). Já as espécies de golfinhos que utilizam essas áreas como locais de alimentação ou passagem encontram-se representadas pelas famílias Delphinidae e Pontoporiidae (IUCN, 1994, 1996; Di Benedetto & Ramos, 2001).

O crescimento dos municípios de Cabo Frio, Macaé e Campos dos Goytacazes (RJ) está relacionado, por um lado, ao turismo e à especulação imobiliária em função das residências de veraneio e, por outro, à exploração de óleo e gás natural na Bacia de Campos. Com a descoberta de petróleo na plataforma continental na década de 70, Macaé passou a sediar a administração da PETROBRAS para a Bacia de Campos, além de se tornar a base de várias empresas do setor, como também de empresas especializadas em atividades *offshore*, que fornecem suporte a toda exploração petrolífera.

Na parcela litorânea da Região Administrativa de São José dos Campos (SP) – segundo dados da SEADE/SP - destacam-se municípios cuja estabilidade econômica e

desenvolvimento regional estão ancorados, majoritariamente, nas atividades diretamente relacionadas com o turismo, nomeadamente o comércio, a construção civil e os serviços ligados à rede hoteleira e de promoção do lazer.

São Sebastião conta com parcela substancial da economia pautada nas atividades de transporte e estocagem de óleo no porto de São Sebastião e no Terminal de Estocagem operado pela PETROBRAS. Ainda assim, as atividades impulsionadas pelo turismo e pesca desportiva são expressivas no município, inclusive aquelas praticadas em Ilhabela.

O turismo aparece como indutor das principais atividades geradoras de emprego em Caraguatatuba e Ubatuba, especialmente em temporada de verão. O mesmo fator pode ser observado em municípios da região litorânea do estado do Rio de Janeiro, incluindo-se tanto regiões notadamente turísticas – como Região dos Lagos e Costa Verde – quanto a própria capital.

Atualmente, 37 plataformas de produção de petróleo estão em operação na Bacia de Campos, enquanto que outras três estão com suas atividades de licenciamento encaminhadas. Em alguns anos, estas plataformas entrarão em atividade de produção. Na Bacia de Santos, ainda não há plataformas de produção em fase de licenciamento, tampouco operando na região.

Na Bacia de Campos, no ano de 2000, a produção de petróleo e gás natural gerou R\$ 782 milhões de *royalties* para o Estado e R\$ 501 milhões para os municípios fluminenses. Esses números indicam que o estado do Rio de Janeiro recebeu cerca de 59% dos *royalties* distribuídos para as unidades da Federação. Já os municípios fluminenses receberam cerca de 64% dos *royalties* distribuídos aos municípios pertencentes às unidades da Federação que se beneficiam dessa fonte de recursos.

Essa breve caracterização revela a importância das atividades petrolíferas na Bacia de Campos no contexto socioeconômico da região. Entretanto, deve-se considerar com cautela os efeitos dessa exploração sobre o meio ambiente e suas repercussões sobre as atividades pesqueiras e turísticas.

Com relação às interfaces entre o desenvolvimento da exploração de petróleo na Bacia de Campos e as atividades pesqueiras e turísticas, o que se observa é uma relação indireta, evidenciada através do aporte de receitas para os municípios costeiros beneficiários da distribuição de *royalties*. O aumento da arrecadação provoca um incremento na economia de modo geral, o que também se reflete nas atividades pesqueiras e turísticas.

Por outro lado, observa-se a possibilidade de interferência das atividades petrolíferas decorrentes do risco de ocorrência de acidentes, especialmente aqueles envolvendo derramamento de óleo. Este tipo de evento pode acarretar a necessidade de alteração de rotas de barcos pesqueiros, diminuição de afluxo de turistas, contaminação de ambientes costeiros e outras conseqüências ambientais.

#### d. Análise da Sensibilidade Ambiental

Com base nas informações sobre as regiões das bacias de Campos e de Santos anteriormente apresentadas, procedeu-se a caracterização, do ponto de vista ambiental, da região possivelmente atingida por um derramamento acidental de óleo, em termos de sua sensibilidade.

A sensibilidade ambiental da área possivelmente afetada pelo derramamento acidental de óleo pelo FPSO P-50, no campo de Albacora Leste, foi avaliada utilizando-se os mesmos critérios adotados no Diagnóstico Ambiental (item 5), conforme indicado a seguir:

- **Alta Sensibilidade:** áreas com presença de ecossistemas de grande relevância e/ou unidades de conservação com baixo grau de comprometimento.
- **Média Sensibilidade:** áreas com presença de ecossistemas relevantes e áreas sob regime especial de administração, com grau de comprometimento ambiental moderado.
- **Baixa Sensibilidade:** áreas com presença de ecossistemas alterados ou modificados, com alto grau de comprometimento ambiental.

- Região Costeira

- Área de Alta Sensibilidade

A zona costeira abriga os ecossistemas de maior relevância para a manutenção da biosfera. A sensibilidade destes ambientes às fontes terrestres de poluição é notória, uma vez que é nas áreas costeiras que se faz o despejo da maior quantidade de detritos e resíduos humanos e industriais.

A região compreendida entre o Cabo de São Tomé e Saquarema (Região dos Lagos) foi classificada como de alta sensibilidade devido às suas características ambientais distintas, associadas ao bom estado de conservação ambiental. O campo de Albacora Leste localiza-se na região oceânica desta área. Destacam-se como aspectos peculiares que explicam a alta sensibilidade desta região, as seguintes características: a ocorrência do fenômeno da ressurgência, a existência de formação de restinga na porção costeira entre o Cabo de São Tomé e Cabo Frio; alta qualidade da água tanto nas regiões costeiras quanto nas oceânicas; presença de importantes lagunas costeiras; centro turístico influente e riqueza de espécies tanto da flora quanto da fauna.

Quanto às áreas economicamente ativas que podem ser caracterizadas como de alta sensibilidade, encontram-se áreas de pesca de recursos demersais, que utilizam redes de emalhar de fundo e arrastos ou espinhel de fundo, e de recursos pelágicos, que utilizam vara e isca viva. Também são consideradas de alta sensibilidade, as áreas de maior concentração de turismo para esta região, a saber: Quissamã e Carapebus, e os municípios de Rio das Ostras, Armação dos Búzios, Cabo Frio e Arraial do Cabo (pertencentes à Região dos Lagos).

### ➤ Área de Média Sensibilidade

A região costeira compreendida entre Itaguaí e São Sebastião (litoral norte de São Paulo) apresenta sensibilidade ambiental média, com áreas consideradas ambientalmente relevantes, mas já parcialmente comprometidas. Os principais ecossistemas presentes nesta região são praias arenosas, costões rochosos, estuários e restingas. O município de Ubatuba possui uma das bases de pesquisa do Projeto TAMAR, onde há registro de alimentação das cinco espécies de tartarugas marinhas que ocorrem na costa brasileira (*Caretta caretta*, *Dermochelys coriacea*, *Lepidochelys olivacea*, *Eretmochelys imbricata* e *Chelonia mydas*).

Com relação às atividades econômicas na região, registra-se a presença de áreas de pesca de recursos demersais e pelágicos.

Quanto ao turismo, as áreas de maior concentração encontram-se nos municípios de Angra dos Reis – incluindo-se Ilha Grande, Ubatuba, Caraguatatuba e São Sebastião.

### ➤ Área de Baixa Sensibilidade

Segundo a presente classificação, a região compreendida entre Saquarema e Itaguaí pode ser considerada como área de baixa sensibilidade ambiental. Nesta região, a atividade portuária mais importante é a comercial, com grande quantidade e diversidade de movimentação de cargas.

Da mesma forma que nos itens anteriores, as duas modalidades de pesca – de recursos demersais e pelágicos – estão incluídas nesta região. A área com maior potencial turístico desta região encontra-se no município do Rio de Janeiro.

#### • Região Oceânica

Uma análise dos critérios utilizados para a caracterização da sensibilidade da região costeira revela que a sensibilidade da região oceânica deve ser avaliada com base em fatores distintos. Inicialmente, torna-se importante destacar que, de modo geral, a região oceânica pode ser considerada menos sensível que a região costeira, em virtude, principalmente, de sua alta resiliência.

Na região oceânica possivelmente atingida pela mancha de óleo, não foi registrada a presença de ilhas ou de qualquer unidade de conservação. Entretanto, com relação ao comprometimento ambiental da região, algumas considerações podem ser tecidas.

De acordo com a Figura 8.8.3-a, a mancha de dispersão do óleo pode se estender da região do município de Campos dos Goytacazes (RJ) até o limite entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, havendo uma maior probabilidade de concentração na área da Bacia de Campos, onde se encontra um grande número de plataformas em atividade.

As atividades petrolíferas na Bacia de Campos representam a principal fonte de pressão no sentido da alteração da qualidade ambiental da região. Contudo, até o presente, a intensidade desta alteração ainda não se encontra precisamente caracterizada.

Por outro lado, pode-se destacar a importância da área a partir de 200 m de profundidade como rota de migração de grandes cetáceos e área de pesca de recursos demersais.

A análise deste conjunto de fatores indica que a sensibilidade da região da Bacia de Campos pode ser caracterizada como de média a baixa, em virtude do balanço entre a importância ecológica desta área e as pressões antrópicas ali exercidas. Já com relação à Bacia de Santos, pode-se observar que este balanço ainda não se encontra comprometido pelas atividades petrolíferas, que estão em fase inicial de desenvolvimento. Assim, esta área pode ser considerada de média sensibilidade.

É importante frisar, novamente, a diferenciação entre os critérios utilizados para a avaliação da sensibilidade de ambientes costeiros e oceânicos. Uma simples análise comparativa já conduz à classificação da região oceânica como menos sensível que a região costeira. Entretanto, para fins desta análise, considerou-se a região oceânica como sendo de baixa sensibilidade, sem, contudo, haver uma preocupação maior se esta é mais ou menos sensível do que a área costeira também considerada de baixa sensibilidade.

#### [8.8.4. Efeitos ambientais do derramamento acidental de óleo](#)

##### [8.8.4.1 Procedimentos metodológicos](#)

A metodologia adotada para a avaliação das repercussões ambientais dos eventos acidentais de derramamento de óleo no campo de Albacora Leste assemelha-se à adotada para a avaliação de impactos ambientais, porém com adequações associadas essencialmente à natureza das fontes geradoras dos impactos.

Inicialmente, é necessário esclarecer que, para efeito de uma melhor distinção entre os impactos decorrentes do desenvolvimento normal da atividade de produção e aqueles originados por derramamento de óleo, optou-se por adotar, convencionalmente, a expressão “impacto ambiental” apenas para a primeira situação, que se configura num “impacto real”, e “efeito ambiental”, para a segunda, onde se tem um “impacto potencial”. Assim, este item se refere apenas aos efeitos ambientais decorrentes de possíveis derramamentos acidentais de óleo (impactos potenciais).

A avaliação dos impactos ambientais, apresentada no Capítulo 6 deste documento, trata essencialmente de ações planejadas, em sua maioria implementadas em um horizonte temporal relativamente longo (associado à longa duração do Projeto) e com um propósito definido. São ainda ações inerentes e absolutamente necessárias ao desenvolvimento da atividade de produção. Assim, critérios como natureza ou qualificação (positivo ou negativo) e reversibilidade se aplicam neste caso, na medida em que as fontes geradoras (aspectos) e as suas repercussões no ambiente (impactos) são bastante diversificadas.

No caso de derramamento de óleo, praticamente todos os efeitos ambientais decorrentes podem ser considerados negativos e reversíveis, embora em escala temporal variável. Além disso, quanto à sua natureza, um evento acidental de derramamento muitas vezes corresponde a uma representativa alteração ambiental em um curto intervalo de tempo. Assim, para a avaliação dos efeitos ambientais do derramamento acidental de óleo foram adotados apenas os critérios indicados a seguir:

*Incidência* – de forma semelhante ao caso dos impactos ambientais, efeitos **diretos** decorrem diretamente da presença do óleo no ambiente marinho, enquanto que efeito **indireto**, por sua vez, é ocasionado por um efeito direto.

*Duração* – de acordo com este critério, foi considerado efeito de **curto prazo** aquele que cessa em um curto período de tempo após o derramamento, restrito a dias ou semanas. Efeitos de **médio prazo** permanecem algum tempo após o evento, podendo durar alguns meses, enquanto que efeitos de **longo prazo** persistem após longo tempo decorrido após o acidente. É importante ressaltar que este critério é essencialmente comparativo entre todos os efeitos identificados.

*Abrangência espacial* – os efeitos ambientais do derramamento foram considerados **regionais** quando se referem ao espaço geográfico em torno da mancha de dispersão do óleo, uma vez que a abrangência espacial da própria mancha já pode ser considerada regional. Adotou-se ainda a classificação de efeitos **extra-regionais** ou **estratégicos**, nos casos em que seu rebatimento espacial não pode ser previsto ou precisamente delimitado, especialmente em relação àqueles que incidem sobre o meio socioeconômico.

Esses critérios subsidiam a avaliação da magnitude dos efeitos ambientais, independente das características do ambiente em que incidem. Assim, efeitos que reúnem características que indicam alto potencial de alteração do meio foram avaliados como de **alta** magnitude. Efeitos de **média** ou **baixa** magnitude representam potencial de alteração gradativamente menor.

A avaliação da importância dos efeitos, por sua vez, tem por objetivo dimensionar a alteração efetivamente provocada no meio ambiente, analisada em relação à sensibilidade do fator ambiental alterado. Para a mensuração da importância dos efeitos ambientais, foi determinada uma escala qualitativa, em que o grau de comprometimento do fator, ou fatores ambientais afetados, pode ser considerado **pequeno**, **médio** ou **grande**.

A avaliação global dos efeitos ambientais de situações de derramamento acidental de óleo, por sua vez, torna-se mais complexa, na medida em que cria a necessidade de se conjugar critérios de probabilidade e severidade às alterações ambientais decorrentes. Assim, deve-se considerar que derramamentos envolvendo volumes reduzidos podem ser mais prejudiciais ao meio ambiente em virtude de sua relativamente alta probabilidade de ocorrência. Por outro lado, derramamentos de grandes volumes, apesar de provocarem alterações ambientais mais graves, podem não significar tanto no contexto da avaliação global dos efeitos ambientais dos acidentes.

Observa-se que o cenário crítico simulado considerou uma situação catastrófica, onde um volume de 335.208 m<sup>3</sup>, correspondente ao vazamento de todo o conteúdo dos tanques de

carga de óleo da P-50, seria derramado no mar, sem nenhuma ação de contenção, recuperação ou dispersão mecânica deste óleo, conforme previsto no Plano de Emergência Individual (PEI), apresentado no item 8.9.

Na avaliação apresentada a seguir, optou-se por descrever apenas os efeitos ambientais do derramamento da descarga de pior caso, pelo simples fato de que, para esta situação, o próprio EIA contempla dados objetivos, tanto em relação à sua probabilidade de ocorrência durante o desenvolvimento das atividades de produção, quanto em relação à trajetória da pluma do óleo acidentalmente derramado. Os efeitos ambientais advindos de descargas diferentes deste volume, de modo geral, são, obviamente, proporcionais à sua severidade. Portanto, considerações a respeito das descargas pequena, média e grande foram tecidas apenas quando pertinente, tendo sido contempladas com maior ênfase na síntese da avaliação ambiental dos riscos, ao final deste item.

Tendo em vista todos esses fatores, descrevem-se a seguir os efeitos ambientais decorrentes dos acidentes envolvendo derramamento de óleo considerados relevantes, referentes à descarga de pior caso, os quais se encontram sintetizados no item Síntese Conclusiva (8.8.5) e na Matriz de Avaliação dos Efeitos Ambientais do Derramamento Acidental de Óleo (Quadro 8.8.4-a), apresentados em seguida.

#### 8.8.4.2 Avaliação ambiental do derramamento

Para a avaliação ambiental dos incidentes de derramamento, tornam-se necessários alguns esclarecimentos iniciais a respeito das características físico-químicas do óleo e seu comportamento no ambiente marinho, bem como da região possivelmente atingida, indicada pela modelagem, conforme descrito a seguir.

##### a. Características e comportamento do óleo no ambiente

Segundo Thomas *et al* (2001), o petróleo no estado líquido é uma substância oleosa, inflamável, menos densa que a água, com odor característico e cor variando entre o negro e o castanho claro. É constituído basicamente por uma mistura de compostos químicos orgânicos (hidrocarbonetos), e pode ser normalmente separado em frações de acordo com a faixa de ebulição dos compostos.

Além dos hidrocarbonetos, outros constituintes também podem ocorrer, sob a forma de compostos orgânicos que contêm outros elementos, sendo os mais comuns o nitrogênio, o enxofre e o oxigênio. Metais também podem ocorrer, como sais de ácidos orgânicos.

Os hidrocarbonetos, de acordo com sua estrutura, são classificados em saturados (alcanos ou parafinas), insaturados (olefinas) e aromáticos (arenos), conforme caracterização apresentada a seguir:

##### - Saturados (alcanos ou parafinas)

São compostos alifáticos que freqüentemente respondem por uma grande fração dos componentes do óleo cru. São comuns na gasolina e vários outros combustíveis. Geralmente, os hidrocarbonetos leves ( $C_2$  a  $C_5$ ) são gasosos; aqueles com peso molecular intermediário, líquidos ( $C_6$  a  $C_8$ ); e os mais pesados, sólidos. Os alcanos podem

ser considerados comparativamente inertes. Como exemplo, podem ser citados o metano, o etano, o propano, o butano e outros.

#### - Insaturados (olefinas)

São compostos insaturados dos quais os mais comuns são os alcenos. Constituem um grupo extremamente reativo. Embora sejam biologicamente metabolizados em grande quantidade, dificilmente são preservados na natureza. Não estão normalmente presentes no óleo cru, sendo normalmente derivados do refino.

#### - Aromáticos (arenos)

Os hidrocarbonetos aromáticos possuem em sua composição um anel de benzeno. Vários aromáticos foram identificados como carcinogênicos potenciais em animais de laboratório.

Há um consenso geral de que a toxicidade do óleo cru aumenta ao longo das séries de hidrocarbonetos. Assim, parafinas são menos tóxicas que olefinas, que, por sua vez, são menos tóxicas que os aromáticos.

A fim de se conhecer melhor a constituição do petróleo, o American Petroleum Institute (API) realizou análises em amostras de petróleo de diferentes origens, chegando às seguintes conclusões (Thomas *et al*, 2001):

- Todos os petróleos contêm substancialmente os mesmos hidrocarbonetos, em diferentes quantidades;
- A quantidade relativa de cada grupo de hidrocarbonetos presente varia muito de petróleo para petróleo;
- A quantidade relativa dos compostos individuais dentro de cada grupo de hidrocarbonetos, no entanto, é da mesma ordem de grandeza para diferentes tipos de óleos.

Grandes derramamentos ocorridos nas últimas décadas, como o do Amoco Cadiz (1978, na Grã-Bretanha), o do Exxon Valdez (1989, no Alaska) e o do Braer (1995, na Escócia), têm gerado inúmeros estudos a respeito das transformações e efeitos do óleo sobre o ecossistema marinho. Além disto, a própria comunidade científica e a indústria do petróleo têm empenhado esforços no sentido de contribuir para o melhor entendimento desta questão. Estes esforços resultaram na vasta bibliografia atualmente existente, que consolida uma base consistente de dados, nos quais se baseiam as informações apresentadas a seguir.

Segundo Patin (1999), complexos processos de transformação do óleo no ambiente marinho iniciam-se a partir dos primeiros segundos de contato entre o óleo e a água do mar. A progressão, duração e resultados destas transformações dependem das propriedades e composição do óleo, características do derramamento e condições ambientais. As principais características das transformações do óleo são o seu dinamismo, especialmente nos primeiros estágios, e a íntima interação entre os mecanismos físicos, químicos e biológicos de dispersão e degradação dos componentes do óleo até o seu completo desaparecimento como substâncias originais. De forma similar

a um organismo vivo intoxicado, o ecossistema marinho destrói, metaboliza e deposita as quantidades excessivas de hidrocarbonetos, transformando-os em substâncias mais comuns e seguras<sup>1</sup>.

#### - Transporte físico

A distribuição do óleo derramado na superfície da água do mar ocorre sob a influência de forças gravitacionais. Este processo é controlado pela viscosidade do óleo e pela tensão superficial da água.

Durante os primeiros dias depois do derramamento, uma parte considerável do óleo se transforma na fase gasosa. Além dos compostos voláteis, a mancha de óleo perde rapidamente hidrocarbonetos solúveis. O restante, a fração mais viscosa, permanece enquanto a mancha se espalha.

Alterações posteriores podem ocorrer sob o impacto combinado de fatores meteorológicos e hidrológicos, dependendo principalmente da força e direção dos ventos, ondas e correntes. Uma mancha de óleo normalmente se desloca na mesma direção dos ventos. Enquanto se torna menos espessa, especialmente após uma espessura crítica de 0,1 mm, a mancha começa a se desintegrar em fragmentos individualizados que se espalham por áreas mais amplas e distantes. Tempestades e turbulência aceleram a dispersão da mancha e seus fragmentos. Uma parte considerável do óleo se dispersa na água em forma de gotículas que podem ser transportadas por longas distâncias a partir do local do derramamento.

#### - Dissolução

A maioria dos componentes do óleo é solúvel até um certo grau, especialmente os hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos leves. Compostos polarizados formados como resultado da oxidação de algumas frações do óleo no ambiente marinho também se dissolvem na água do mar. Em relação à evaporação, a dissolução leva mais tempo para ocorrer. As condições hidrodinâmicas e físico-químicas na superfície da água afetam fortemente o desenvolvimento do processo.

#### - Emulsificação

A emulsificação do óleo no ambiente marinho depende primariamente da composição do óleo e do regime turbulento da água. As emulsões mais estáveis, como a água-em-óleo, contêm de 30 a 80% de água. Estas emulsões normalmente aparecem após fortes tempestades nas áreas de derramamentos de óleos pesados com um alto teor de frações não-voláteis. Podem persistir no ambiente marinho por mais de 100 dias na forma de uma peculiar “mousse de chocolate”. A estabilidade destas emulsões normalmente aumenta com a diminuição da temperatura.

As emulsões reversas, como as de óleo-em-água (gotículas de óleo em suspensão na água), são muito menos estáveis porque as forças de tensão superficial rapidamente decrescem com a dispersão do óleo. Este processo pode ser retardado com o auxílio de

---

<sup>1</sup> Toda a caracterização dos processos de transformação do óleo no ambiente marinho apresentada em seguida baseia-se em Patin, 1999.

emulsificantes, substâncias com propriedades hidrofílicas usadas para eliminar derramamentos de óleo. Os emulsificantes auxiliam na estabilização de emulsões oleosas e promovem a formação de gotículas microscópicas e invisíveis a partir do óleo em dispersão. Este processo acelera a decomposição do óleo na coluna d'água.

#### - Oxidação e destruição

Transformações químicas do óleo na superfície da água e na coluna d'água começam a surgir pelo menos um dia após o óleo ter entrado no ambiente marinho. A natureza oxidante do óleo envolve reações fotoquímicas sob a influência de ondas ultravioletas do espectro solar. Estes processos são catalisados por alguns elementos-traço como o vanádio e é inibido por componentes de sulfato. O produto final da oxidação (hidroperóxidos, fenóis, ácidos carboxílicos, cetonas, aldeídos e outros) geralmente apresenta maior hidrossolubilidade. Pesquisas experimentais também demonstraram um aumento na toxicidade destes compostos (Izrael, Tsiban, 1988). As reações da foto-oxidação, em particular da fotólise, dão início à polimerização e decomposição das moléculas mais complexas dentre os componentes do óleo, levando ao aumento da viscosidade do óleo e promovendo a formação de agregados oleosos sólidos (GESAMP, 1977; 1993).

#### - Sedimentação

Cerca de 10 a 30% do óleo é absorvido pelas partículas em suspensão na coluna d'água e são depositados no fundo. Isto ocorre principalmente próximo a zona costeira e em águas rasas, onde o material particulado é mais abundante e a água, mais intensamente revolvida. Em águas profundas, distantes da costa, a sedimentação do óleo (exceto para as frações mais pesadas) é um processo extremamente lento.

Simultaneamente ao processo descrito acima, ocorre também o processo de biossedimentação. Espécies filtradoras do plâncton e outros organismos absorvem o óleo emulsificado, sedimentando o óleo no fundo a partir de produtos de seu metabolismo e de restos. As formas suspensas de óleo e seus componentes passam por intensa decomposição biológica e química (principalmente microbiana) na coluna d'água. Entretanto, esta situação se modifica assim que o óleo alcança o assoalho marinho. Diversos estudos de campo e experimentais demonstraram que a taxa de decomposição do óleo depositado no sedimento decresce abruptamente. O processo de oxidação diminui, especialmente sob condições anaeróbicas, geralmente associadas a este ambiente. As frações pesadas de óleo acumuladas dentro do sedimento podem ser preservadas por meses ou até anos.

#### - Degradação microbiana

O destino final da maioria das substâncias do petróleo no ambiente marinho tem sido definido a partir da transformação e da degradação inerentes à atividade microbiana. Cerca de uma centena de espécies conhecidas de bactérias e fungos são capazes de utilizar componentes de óleo para sustentar seu crescimento e metabolismo. Em áreas livres de componentes de petróleo, sua proporção geralmente não excede 0,1 a 1,0% da abundância total de comunidades de bactérias heterotróficas. Em áreas poluídas por óleo, esta proporção aumenta para 1,0 a 10,0% (Atlas, 1993 *apud* Patin, 1999).

O processo bioquímico da degradação do óleo com participação de microorganismos incluem diversos tipos de reações enzimáticas baseadas em oxigenase, dehidrogenase e hidrolases. Estas reações causam diversas transformações bioquímicas nos compostos aromáticos e alifáticos e em outras substâncias originais do óleo, além de transformar também produtos intermediários da degradação do óleo.

O grau e a taxa de biodegradação dos hidrocarbonetos dependem, em primeira instância, da estrutura de suas moléculas. Os compostos parafínicos (alcanos) são biodegradados mais rápido do que as substâncias aromáticas e naftênicas. Quanto maior a complexidade molecular da estrutura (maior número de átomos de carbono e grau de ramificação da cadeia), assim como maior peso molecular, menor a taxa de decomposição microbiana. Além disso, esta taxa depende do estado físico do óleo, incluindo o grau de dispersão. Os fatores ambientais que mais influenciam na taxa de biodegradação dos hidrocarbonetos incluem: temperatura, concentração de nutrientes e de oxigênio, composição de espécies e abundância de microorganismos capazes de degradar óleo. Esta complexidade entre fatores que influenciam o processo de biodegradação e a variabilidade de composições de óleo faz com que interpretar e comparar dados acerca da taxa e da escala da biodegradação do óleo no ambiente marinho seja extremamente difícil.

#### - Agregação

Agregados de óleo na forma de borras de petróleo podem ser encontrados atualmente tanto em águas costeiras ou oceânicas, quanto nas praias. Estas substâncias derivam do óleo cru, após a evaporação e dissolução de suas frações mais leves, da emulsificação dos resíduos do óleo e da transformação química e microbiológica. A composição química destes agregados de óleo é extremamente mutante. Entretanto, geralmente inclui asfaltenos (>50%) e componentes de alto peso molecular das frações mais pesadas do óleo.

Os agregados de óleo são geralmente cinza claro, marrons, marrons escuros ou uma borra preta pegajosa. Sem apresentar uma forma específica, podem variar de tamanho entre 1 mm e 10 cm, podendo chegar a 50 cm. Sua superfície atua como substrato para o desenvolvimento de bactérias, algas unicelulares e outros microorganismos. Além disso, diversos invertebrados como gastrópodes, poliquetas e crustáceos, resistentes aos impactos do óleo, utilizam estes agregados como abrigo.

Agregados de óleo podem persistir por períodos que variam de um mês a um ano em águas abrigadas ou por vários anos no oceano aberto (Benzhitiski, 1980 *apud* Patin, 1999). Eles completam seu ciclo a partir de uma lenta degradação na coluna d'água, na costa (se foram levados pelas correntes) ou no fundo do mar (se perderem a capacidade de flutuar).

#### - Autopurificação

Como resultado do processo apresentado acima, o óleo no ambiente marinho perde rapidamente suas propriedades originais e se desintegra em frações de hidrocarbonetos. Estas frações possuem diferentes composições químicas e estruturas, e persistem em diferentes formas de migração. Após passar por diversas transformações, alcançam um

equilíbrio termodinâmico com os parâmetros do ambiente. Seu conteúdo cai gradualmente como resultado da dispersão e da degradação. Eventualmente, os componentes originais e intermediários desaparecem, formando dióxido de carbono e água. Esta autopurificação do ambiente marinho acontece inevitavelmente, contanto que a carga de poluição não exceda determinados limites.

O derramamento de óleo no ambiente pode afetar os organismos direta (contato físico e ingestão) ou indiretamente (alteração do habitat e ingestão de alimento contaminado). Ao ser derramado na água, o óleo é diluído, mas se concentra na camada superficial, sendo lentamente dispersado. Assim, o efeito do óleo é maior em organismos que vivem na superfície do mar. Porém, seu efeito pode se estender aos organismos bentônicos quando grandes quantidades de óleo são incorporadas a partículas sedimentares (Leighton, 2000).

Derramamentos de óleo têm sido normalmente contidos por bóias, e são, às vezes, dispersos por emulsificadores. Dispersantes químicos têm sido usados extensivamente, porém oferecem maiores perigos à vida marinha. Sendo assim, é necessário o uso moderado dessas substâncias para prevenir a mortalidade de organismos (Levinton, 1995).

#### b. Avaliação dos efeitos ambientais do derramamento – descarga de pior caso

São descritas e avaliadas a seguir as principais repercussões ambientais decorrentes do derramamento acidental de óleo no mar a partir do FPSO P-50, considerando apenas a descarga de pior caso (335.208 m<sup>3</sup>).

Inicialmente, torna-se necessário esclarecer que, de acordo com a caracterização ambiental apresentada no item 8.8.3, pode-se afirmar que os efeitos descritos a seguir, de modo geral, podem ser considerados mais importantes quando se referem à região costeira, cujos ambientes apresentam maior sensibilidade do que na região oceânica. Assim, na descrição de cada efeito, são tecidas considerações que visam diferenciar, na medida do possível, as alterações nos ambientes costeiros e oceânicos. Como forma de consolidar esta análise, na Síntese Conclusiva (item 8.8.5), procede-se uma análise mais abrangente destes dois compartimentos, considerando todos os efeitos descritos.

#### ❖ Alterações na qualidade da água

A partir da introdução de grandes volumes de óleo na água do mar, observa-se que a qualidade da água superficial é a mais afetada da coluna d'água, tendo sua coloração, odor e transparência afetadas e impedindo sua utilização até mesmo para a navegação. É nessa área (superfície) que podem ser detectadas as maiores concentrações do óleo derramado.

A tendência à formação de emulsões e as condições meteorológicas e oceanográficas no momento do incidente são fatores que influenciam decisivamente na abrangência espacial do derramamento, dificultando a previsão precisa da região potencialmente afetada pelas alterações da qualidade da água. Isto quer dizer que, dependendo da época do ano, os efeitos podem ser mais ou menos abrangentes.

Quanto a esse aspecto, observa-se que a modelagem matemática realizada simulou diversos cenários, considerando as condições sazonais de inverno e verão. No caso de um derrame acidental na P-50, registra-se que a área de abrangência da pluma de dispersão do óleo é consideravelmente maior nas condições de inverno, atingindo, inclusive, regiões costeiras, embora esta probabilidade seja pequena.

Pode-se constatar, por outro lado, que um pequeno percentual de hidrocarbonetos se dissolve na água (fração hidrossolúvel), concentrando-se principalmente nos primeiros metros da coluna d'água, que sofrem a ação de mistura por ventos. Estes hidrocarbonetos compreendem as frações mais leves, principalmente os aromáticos (benzeno, tolueno e etilbenzeno), que são compostos tóxicos.

Além dos hidrocarbonetos, os derramamentos de óleo também introduzem compostos orgânicos e metais de componentes e concentrações variáveis em função das características do próprio óleo.

O óleo a ser produzido (item 3.8.3 deste documento) pode ser classificado como pesado. Segundo Thomas *et al.*, (2001), o tipo de óleo comumente encontrado na Bacia de Campos é composto principalmente por parafinas (de 50-70% do total) e naftênicos (> 20%), sendo sua densidade e viscosidade maior do que aquela dos óleos mais leves. No caso de Albacora Leste, não foi identificada a presença de H<sub>2</sub>S.

Nas áreas costeiras, poderá ocorrer uma maior dispersão do óleo do que na região oceânica, em decorrência da maior turbulência das águas. Entretanto, considerando os efeitos indiretos gerados pela alteração da qualidade da água, pode-se prever que, na região costeira, os efeitos adversos deverão atingir também, além do plâncton e nécton, as comunidades bentônicas de áreas mais rasas.

Além de todos esses fatores, é importante mencionar que, segundo a modelagem da dispersão do óleo, após 60 horas a partir do derramamento, mais de 170.000 m<sup>3</sup> do óleo já teria evaporado, tanto em condições de inverno quanto de verão (item 8.8.2 deste documento).

Tendo em vista essas informações, este efeito pode ser avaliado como de incidência direta, regional e de médio prazo, considerando também as transformações que o óleo deverá sofrer em contato com a água do mar. Foi considerado de média magnitude, tendo em vista que o óleo de Albacora é pesado, mas, em contrapartida, a dinâmica da região oceânica contribuirá decisivamente para a sua dispersão. Porém, foi avaliado como de grande importância, devido ao fato de existir a possibilidade, ainda que pequena, de atingir áreas costeiras mais sensíveis, com a presença de lagoas, manguezais e costões rochosos de grande biodiversidade e bom estado de conservação. Destaca-se, entretanto, que não foram consideradas as ações emergenciais previstas no PEI.

#### ❖ Alterações na qualidade do ar

Segundo os resultados da modelagem de dispersão do óleo realizada do cenário de inverno, decorridos 7 dias e 22 h após o derramamento, a mancha teria atingido a região de Macaé, de acordo com o transporte originado pela ação dos ventos e correntes.

Destaca-se que, após 60 h de derrame, mais de 170.000 m<sup>3</sup> do óleo teria se evaporado, tanto em condições de inverno quanto de verão.

Pode-se prever que, desde o primeiro instante do derramamento, começa a se formar uma pluma de vapor de hidrocarbonetos. Todavia, a concentração máxima da pluma ocorreria depois do final do incidente, quando todo o óleo estaria exposto ao tempo.

Dependendo das concentrações de hidrocarbonetos dessa pluma, poderia ser formada uma pluma de *smog* fotoquímico com a presença de altas concentrações daqueles poluentes indicativos (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub> e material particulado fino). O *smog* é o resultado da interação da luz com os constituintes da atmosfera. Há inúmeras espécies de oxidantes no *smog*. Os efeitos característicos da pluma de *smog* sobre os seres humanos são a irritação da garganta e dos olhos, a sensação de odores e a redução da visibilidade. Causa ainda danos aos vegetais e animais.

A degradação dos hidrocarbonetos conduz, além da formação de NO, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub>, à formação de compostos carbonílicos (aldeídos), de cetonas, hidrocarbonílicas e dicarbonílicas, ácidos orgânicos, nitratos orgânicos (incluindo nitrato peroxiacila), ácidos inorgânicos e, na presença de SO<sub>2</sub>, de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Essa primeira geração de produtos passa por reações adicionais que levam à formação de um amplo espectro de novos produtos de reação. Muitos dos VOCs criados no ar são também ativos fotoquimicamente. Entre eles, estão os aldeídos, as acetonas, os peróxidos e os nitratos acila. A absorção de luz solar por esses compostos contribui para a formação de radicais livres, que por sua vez levam à formação de uma segunda geração de compostos.

Os efeitos da pluma de *smog* sobre a saúde humana são amplos, visto que há formação de partículas finas inaláveis, de ácidos, como o ácido sulfúrico e o ácido nítrico, e de ozônio (que é também um gás de efeito estufa), assim como de dióxido de nitrogênio, que, ao sofrer fotodissociação, cria condições para a geração de uma grande variedade de poluentes em combinação com os VOCs e o ozônio. Alguns deles podem causar mutações biológicas, tais como o radical nitrato, os nitroarenos e nitrosaminos.

Com base nas características meteorológicas da região das bacias de Campos e de Santos, pode-se supor que existe a possibilidade da pluma de *smog* fotoquímico atingir o continente ainda que a mancha de óleo não alcance a costa, especialmente nas horas finais da passagem da frente fria, quando os ventos de sul e sudeste podem soprar de modo significativo. Neste caso, poderão ser detectadas concentrações muito baixas desses compostos na atmosfera. Esta situação seria agravada, porém, no caso da mancha realmente atingir a região costeira.

Este último fator reveste-se de especial importância na avaliação do efeito do derramamento sobre a qualidade do ar, uma vez que os limites estabelecidos para as emissões de diversos poluentes atmosféricos estão intimamente relacionados à questão da saúde humana. Assim, observa-se que, embora os hidrocarbonetos lançados na atmosfera pela evaporação do óleo derramado possam sofrer transformações quimicamente importantes, a magnitude de seus efeitos pode ser considerada média, tendo em vista principalmente sua dispersão na atmosfera. Já com relação à presença de

populações humanas na região costeira mais diretamente atingida pelo derramamento, pode-se caracterizar este efeito como sendo de média importância. É importante ainda considerar que também as aves da região poderão sofrer os efeitos das alterações na qualidade do ar. Este efeito foi ainda considerado de incidência direta, de médio prazo e de abrangência extra-regional.

#### ❖ Alterações na qualidade do sedimento

Conforme mencionado anteriormente, complexos processos de transformação no ambiente marinho começam a se desenvolver assim que óleo entra em contato com a água do mar. A progressão, duração e o resultado dessas transformações dependem das propriedades e composição do óleo e da interação de mecanismos físicos, químicos e biológicos (Patin, 1999).

O óleo derramado no mar sofre uma série de processos, como transporte físico pelos ventos e correntes, dissolução das frações com baixo peso molecular e emulsificação de frações não-voláteis, como resultado do regime turbulento da água, oxidação e outras transformações químicas. Por fim, as frações mais pesadas sedimentam-se sobre o substrato.

A sedimentação do óleo se dá em função de sua adsorção ao material em suspensão na coluna d'água. Este processo ocorre principalmente na zona costeira, onde há maior disponibilidade de partículas e mistura vertical mais intensa, sendo menos importante em áreas profundas, afastadas da costa.

Ocorrem simultaneamente processos de biossedimentação, nos quais organismos filtradores absorvem o óleo emulsificado, depositando-o no fundo juntamente com seus metabólitos ou restos biológicos.

As formas suspensas do óleo sofrem intensa decomposição química e biológica. Entretanto, esta ação é dramaticamente reduzida quando o óleo atinge o fundo marinho, com a redução dos processos de oxidação. Ocorre, então, a acumulação de óleo nos sedimentos, onde o mesmo pode permanecer por anos.

O óleo também pode agregar-se na forma de agregados de alcatrão, resultantes dos processos físicos e químicos citados, formados por compostos de alto peso molecular das frações mais pesadas. Estes agregados podem existir por anos no oceano aberto, podendo acabar por sedimentar-se no fundo oceânico.

Conforme relatado para o caso do acidente com o petroleiro Braer (FEMAR, 2000), em longo prazo, as áreas mais importantes, em termos de contaminação, podem ser bacias sedimentares mais profundas, distantes centenas de quilômetros do local do derramamento.

Com base nas características descritas acima, conclui-se que a sedimentação do óleo em oceano aberto é um processo extremamente lento e pouco expressivo, que atinge basicamente suas frações mais pesadas. Entretanto, este processo adquire especial importância no contexto desta análise, uma vez que tais frações correspondem a um percentual expressivo do volume derramado, considerando as características do óleo a

ser produzido em Albacora Leste. Além disso, conforme anteriormente citado, o óleo poderá atingir regiões costeiras, onde a sedimentação é facilitada pela grande disponibilidade de partículas e mistura vertical mais intensa.

Assim, este efeito foi considerado de incidência direta, extra-regional, de longo prazo e média magnitude. Sua importância pode ser considerada grande, tendo em vista os ambientes possivelmente atingidos, especialmente em condições de inverno (ambientes costeiros).

#### ❖ Alterações nas comunidades planctônicas

Os efeitos do óleo no plâncton variam entre o fito, zoo e ictioplâncton. De forma geral, ocorre morte e sedimentação destes organismos ao entrarem em contato com o óleo, que se encontra mais concentrado na camada superficial.

A presença destes compostos na água causa um declínio substancial na produção fitoplanctônica. Seus componentes tóxicos impedem o funcionamento da membrana celular, prejudicando a absorção de nutrientes, vitaminas e elementos-traço necessários para a produção primária (Levinton, 1995). No Canal de São Sebastião (SP), onde funciona um terminal marítimo da PETROBRAS, foram encontradas células de algumas diatomáceas, como *Eucampia cornuta*, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia* sp, *Proboscia alata* e *Rhizosolenia* sp, com deformação na valva celular (Gianesella *et al.*, 1999).

Para as microalgas situadas abaixo da camada superficial, mesmo que a coluna d'água esteja livre de substâncias tóxicas e com disponibilidade de nutrientes, pode ocorrer morte e queda do crescimento devido à limitação de luz. Neste caso, o óleo afetaria indiretamente os organismos ao bloquear a passagem de luz para a coluna d'água.

No zooplâncton, além do efeito direto do óleo por contato físico, entupimento dos aparatos respiratórios e alimentares e ingestão de compostos tóxicos, há a possibilidade de morte por ingestão de alimentos contaminados. Copépodos como *Paracalanus quasimodo* e *Temora stylifera* têm sido relatados como os mais sensíveis do zooplâncton (Gianesella *et al.*, 1999).

A sobrevivência e desenvolvimento do ictioplâncton (ovos e larvas de peixes) são também afetados negativamente, sendo extremamente sensíveis à toxicidade química do óleo. Larvas de salmão do Pacífico apresentaram alta mortalidade e altas taxas de deformidade física quando expostas a concentrações entre 0,4 e 1,0 ppb de hidrocarbonetos aromáticos não-voláteis (Leighton, 2000).

Ressalta-se que variações no fitoplâncton afetam diretamente todos os demais componentes da cadeia alimentar marinha (i.e., pequenos crustáceos, moluscos e peixes), pois o fitoplâncton representa a base de todos os demais níveis tróficos. A alteração da penetração da luz, e, conseqüentemente, dos processos fotossintéticos do fitoplâncton, gera conseqüências indiretas sobre toda a biota, uma vez que a produção primária sustenta a energia trófica do sistema oceânico (HABTEC, 2000).

O efeito do óleo nestes organismos varia de acordo com a quantidade derramada. No caso da descarga de pior caso, foi considerado de abrangência regional, incidência direta

e/ou indireta, de curto prazo e de média magnitude. Tendo em vista, porém, a dinâmica das próprias comunidades planctônicas, sua importância foi considerada pequena, mesmo no caso do óleo atingir regiões costeiras, um vez que os hidrocarbonetos, ao atingirem estas regiões, estariam presentes em concentrações muito mais baixas do que as que seriam detectadas na região oceânica.

#### ❖ Alterações nas comunidades bentônicas

Os efeitos do óleo no bentos ocorrem por contato físico, entupimento de aparatos alimentares e respiratórios, perda de alimento e toxicidade química direta ou indireta. Invertebrados podem ser eliminados do sedimento contaminado durante muitos anos, desde que o óleo possa persistir no sedimento (Leighton, 2000). O óleo prejudica ainda a reprodução em invertebrados (Levinton, 1995).

O bentos de substrato inconsolidado é o mais atingido, pois geralmente os organismos são mais sensíveis. O acidente do Amoco Cadiz, na costa da Grã-Bretanha, causou devastação total de anfípodos, que demoraram a recolonizar a área afetada (Poggiale & Dauvin, 2001). Numa área localizada próximo a Santa Bárbara, Califórnia, foi observado aumento de nematódeos em sedimentos com hidrocarbonetos, em detrimento dos taxa maiores, como poliquetas, camarões, oligoquetas e bivalves (Steichen *et al.*, 1996).

O acidente com o Florida, ao largo de Cape Cod, Massachusetts, onde os hidrocarbonetos aromáticos tóxicos constituíram 41% da concentração total de hidrocarbonetos, gerou efeitos devastadores no bentos, com substituição de uma fauna diversa de moluscos e poliquetas por uma pobre, com poucas espécies (Levinton, 1995). O poliqueta *Capitella capitella* passou a dominar em substratos inconsolidados durante muitos anos. Substâncias tóxicas foram encontradas em mariscos mais que um ano após o derramamento, tornando seu consumo extremamente perigoso para o homem. A reprodução de mexilhões foi fortemente prejudicada.

No contexto da costa brasileira, no trecho possivelmente atingido pela mancha, destaca-se que a composição e distribuição dos organismos da fauna bentônica são equivalentes ao longo de toda a região. Os crustáceos decápodes, moluscos, diversos equinodermas, poliquetas e cnidários são os organismos dominantes da região da plataforma, em profundidades que variam entre 15 e 100 m. Os costões rochosos são os ambientes que abrigam a maior diversidade de algas bênticas da região, podendo ser considerados de alta relevância também para o zoobentos. Já o bentos da região oceânica apresenta alta diversidade de espécies, porém com baixa densidade e biomassa. Como principais fatores no contexto das comunidades bentônicas da região oceânica, pode ser citada a presença de um banco de algas pardas (*kelps*) que se estende do norte de Cabo Frio até o sul da Bahia, com a ocorrência de espécies de grande importância econômica; e a presença de corais de águas profundas (*Lophelia pertusa* e *Madrepora oculata*) na região oceânica sudeste, sobretudo na Bacia de Campos.

Todos os casos de derramamento acidental de óleo anteriormente citados estão associados a áreas costeiras e/ou de recifes. Assim, pode-se prever que os efeitos nas comunidades bentônicas são consideravelmente mais importantes na região costeira que em oceano aberto. Entretanto, tendo em vista a pequena probabilidade do óleo atingir áreas costeiras, este efeito foi considerado de média magnitude e extra-regional. Sua

incidência pode ser direta e/ou indireta e de longo prazo, tendo em vista a possibilidade de permanência do óleo por longos períodos no sedimento. Considerando principalmente as regiões costeiras possivelmente atingidas, mais sensíveis, este efeito foi avaliado com sendo de grande importância.

#### ❖ Alterações nas comunidades nectônicas

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) são conhecidos por serem carcinogênicos para os mamíferos, sendo os maiores contaminantes em ambientes marinho-costeiros. Eles variam amplamente em termos de peso molecular e são adsorvidos a partículas sedimentares, devido às suas propriedades hidrofóbicas. Podem causar várias anormalidades no tecido de peixes, ou até mesmo câncer. Testes em laboratório acusaram indução de câncer em mamíferos e possibilidade de degradação dos HPAs por bactéria do sedimento. Porém, a taxa da degradação é muito mais baixa para formas com alto peso molecular (Leighton, 2000).

Os organismos nectônicos mais afetados pelo óleo são os mamíferos, conforme reportado nos acidentes do Exxon Valdez (Alaska) e Amoco Cadiz (costa da Grã-Bretanha). Peixes adultos são menos sensíveis e geralmente podem escapar do óleo, ficando expostos apenas ao óleo eventualmente disposto na coluna d'água por adsorção a partículas. Em caso de derramamento em águas rasas, peixes adultos podem estar mais expostos ao óleo ou compostos químicos derivados. O peixe também pode ser afetado pela alteração de recursos alimentares e do habitat, especialmente em áreas próximas à costa, estreitos e estuários (Leighton, 2000).

Na região de dispersão da pluma de derramamento de óleo, foi observada a presença de rotas de migração de cetáceos (baleias jubarte e franca). Quanto aos golfinhos, as espécies que utilizam essas áreas como locais para alimentação ou passagem estão representadas em 4 famílias (IUCN, 1994,1996; Di Benedetto & Ramos, 2001).

Com relação à avifauna, destaca-se o registro de 111 espécies para a região, em função do seu grau de associação aos sistemas costeiros e marinhos. As ilhas costeiras da região sudeste são sítios de nidificação de diversas espécies, destacando-se o Arquipélago de Sant'ana, localizado a leste de Macaé e composto pelas ilhas do Sant'ana, do Francês, Ilhote do Sul e Ilha Ponta das Cavalas. Este arquipélago constitui local de desova de várias espécies de aves marinhas, principalmente gaivotas, além de ser uma excelente área pesqueira.

Quanto à fauna de quelônios, foi registrada, para a região oceânica da Bacia de Santos, a presença de rotas migratórias de duas espécies: *Chelonia mydas* e *Lepidochelys olivacea*, enquanto que, para a região da Bacia de Campos, houve registro reprodutivo somente para *Caretta caretta*. Já na região costeira, encontra-se registrada na área de estudo a ocorrência de *Caretta caretta*, *Chelonia mydas* e *Eretmochelys imbricata*. Foram registradas ainda, para a região costeira de São Paulo e Rio de Janeiro, rotas migratórias das espécies *Caretta caretta* e *Chelonia mydas*.

No que se refere às espécies de lulas que ocorrem na região sudeste, as espécies que mais ocorrem em águas rasas (<200 m) são *Loligo plei*, *L. sanpaulensis* e *Illex argentinus*, que juntas totalizam cerca de 80% dos desembarques pesqueiros de cefalópodes. Já em

grandes profundidades (> 1000 m), as principais espécies de moluscos cefalópodes registradas são: *Abraliopsis felis*, *Abralia veranyi* e *Enoploteuthis anapsis anapsis*.

Finalmente, com relação aos peixes, destaca-se que, dentre os grupos relacionados ao nécton, o mais dominante se refere ao grupo dos peixes, tendo sido identificadas 588 espécies. Como exemplos, pode-se citar, dentre outros, atuns, bonitos, serras, cavalas e agulhões, representantes de espécies de grande valor econômico. Dentro dos limites estudados, algumas áreas costeiras exibem particular relevância, destacando-se os ambientes lagunares presentes no trecho da costa entre a lagoa de Imboassica e a foz do rio Paraíba do Sul e os estuários dos rios São João (RJ), Macaé (RJ) e Paraíba do Sul (RJ).

Com relação à fauna nectônica da região oceânica, as espécies de peixes que habitam a plataforma externa e o talude representam cerca de 18% do total. Segundo Hazin *et al.* (1999), as espécies mais comumente encontradas na região oceânica da costa brasileira são peixe-papagaio, dourado, albacora-laje, albacora branca, bonito listrado, espadarte e agulhão branco.

O efeito do óleo nestes organismos foi considerado regional, de incidência direta e/ou indireta e de médio prazo. Sua magnitude foi avaliada como média, tendo em vista principalmente a abrangência espacial deste efeito. Considerando que os efeitos do óleo estariam relacionados principalmente à distribuição espacial dos organismos, este efeito foi considerado de média importância.

#### ❖ Interferências com as atividades pesqueiras

No caso da ocorrência de um acidente de grandes proporções, poderão ocorrer interferências principalmente com a modalidade de pesca oceânica, já que a presença da mancha de óleo irá atuar diretamente sobre os estoques pesqueiros, influenciando, assim, indiretamente, na realização desta atividade.

Os cardumes tenderão a se deslocar para áreas afastadas do local por onde a mancha se espalhar, gerando uma readequação da atividade aos novos locais de captura. Este fato poderá significar custos adicionais de combustível, alimentação e gelo, dentre outros, caso os cardumes se desloquem para áreas mais afastadas dos locais habituais de pesca, podendo implicar numa redução no número de pescado capturado.

Mudanças nos pontos de desembarque do pescado decorrentes de um evento de grandes proporções podem influenciar o efetivo desembarcado na região, especialmente nos portos de Macaé e Angra dos Reis – este último no litoral sul fluminense – considerados entre os maiores pontos de desembarque de pescado do Estado.

A perda de equipamentos por parte de pescadores que eventualmente sejam surpreendidos por uma mancha de óleo durante o desenvolvimento de suas atividades é um elemento adverso a ser destacado.

Destaca-se que, embora localizada em área de pouca probabilidade de aproximação da mancha, a pesca de camarão na área de influência indireta do empreendimento concentra-se na região costeira do município de Campos dos Goytacazes, deslocando-se

da localidade do Cabo de São Tomé para norte, conforme diagnóstico ambiental do meio antrópico (item 5.3.3 deste documento).

Atividades de maricultura desenvolvidas a partir do litoral sul de São Sebastião, no estado de São Paulo, são as únicas relacionadas à exploração litorânea desta modalidade, e encontram-se em área adjacente àquela definida em modelagem de dispersão de óleo em caso vazamento acidental. A pesca amadora e desportiva em São Sebastião, Ilha Bela, Caraguatatuba e Ubatuba podem ser atingidas em alguns pontos, em caso de acidente.

Tendo em vista estes fatores, este efeito foi avaliado como indireto, extra-regional, de médio prazo e de média magnitude, devido, principalmente, à abrangência da área passível de ser afetada, que se estende da região do campo de Albacora Leste até a faixa entre o norte do litoral paulista e Campos dos Goytacazes (RJ). Considerando ainda a possível interferência na pesca de regiões costeiras, este efeito foi considerado de grande importância.

#### ❖ Interferências com as atividades turísticas

De acordo com as simulações realizadas, no caso da ocorrência de um derramamento acidental de óleo (descarga de pior caso), a mancha apresentaria uma probabilidade inferior a 10% de alcançar a região costeira situada entre o litoral norte de São Paulo e o município de Campos dos Goytacazes, faixa onde se localizam importantes centros turísticos, especialmente na Região dos Lagos.

Além disto, a simples divulgação da existência de acidente com vazamento de óleo deverá implicar na diminuição do fluxo de turistas para outras regiões, e conseqüente perda de receitas das cidades litorâneas da afetadas, principalmente daquelas vinculadas às atividades de prestação de serviços e comércio.

Este efeito foi avaliado como direto, extra-regional, de curto prazo e de alta magnitude, devido à abrangência da área potencialmente passível de ser afetada. Tendo em vista o interesse turístico da região a ser afetada, bem como a importância das receitas oriundas das atividades de turismo, na composição do montante de arrecadação de diversas cidades litorâneas, este efeito foi considerado de grande importância.

#### ❖ Intensificação do tráfego marítimo

No caso da ocorrência de derramamento acidental, pode-se prever a ocorrência de interferências diretas sobre o tráfego de embarcações na região atingida, seja em relação aos barcos de pesca ou de turismo, seja com a navegação de cabotagem em geral, uma vez que o deslocamento da mancha poderá, eventualmente, determinar alterações nas rotas de navegação, o que, por sua vez, pode levar a eventuais aumentos de percurso.

Este efeito foi avaliado como direto, extra-regional, de curto prazo e de baixa magnitude. Sua importância foi avaliada como pequena, devido à existência de rotas alternativas, além da possibilidade de manutenção de algumas rotas, independente da presença da mancha.

#### ❖ Intensificação do tráfego aéreo

No caso da ocorrência de um derramamento acidental destas proporções, deverá haver um aumento significativo no número de viagens aéreas oriundas e para o FPSO P-50, em função do transporte de equipamentos e pessoal especializados e para retirada de trabalhadores, além da intensa utilização de helicópteros para transporte de profissionais de comunicação (jornalistas), para noticiar o acidente.

Este efeito foi avaliado como indireto, extra-regional, de curto prazo e de baixa magnitude. Tendo em vista a boa infra-estrutura de transporte aéreo presente nas proximidades da região do campo de Albacora Leste, com destaque para os heliportos de Macaé e Campos dos Goytacazes, no Estado do Rio de Janeiro, este efeito foi avaliado como sendo de pequena importância.

#### ❖ Pressão sobre a infra-estrutura portuária

De acordo com os dados obtidos na simulação, a mancha alcançaria a região costeira entre o litoral norte de São Paulo e Campos dos Goytacazes com uma probabilidade inferior a 10%. Desta forma, a infra-estrutura portuária poderá ser afetada em decorrência das possíveis modificações de rotas de embarcações, que poderão vir a demandar outros portos, que não os usualmente utilizados. Esta alteração de itinerários poderá vir a ocasionar a sobrecarga de alguns portos.

Por outro lado, no caso de um acidente de grandes proporções, os portos mais próximos do local do acidente deverão sofrer uma pressão adicional sobre sua infra-estrutura, em decorrência do afluxo das embarcações que irão participar das operações de contenção da mancha.

Este efeito foi avaliado como indireto, extra-regional, de curto prazo e de baixa magnitude. Devido ao número significativo de portos existentes no litoral próximo à área de abrangência deste efeito, sua importância foi avaliada como pequena.

#### ❖ Pressão sobre a infra-estrutura de disposição final de resíduos

A simulação efetuada para a ocorrência de derramamento acidental considerou que podem ser lançados ao mar, durante o vazamento, até 335.208 m<sup>3</sup> de óleo. Assim, caso haja um derramamento de grandes proporções, em decorrência das atividades de contenção a serem adotadas, será gerado um volume bastante significativo de resíduos sólidos e oleosos. Estes resíduos irão demandar a seleção de locais adequados para sua disposição final.

Este efeito foi avaliado como indireto, extra-regional, de curto prazo e de média magnitude, devido, principalmente, ao volume de óleo que pode vir a ser lançado acidentalmente no mar. Tendo em vista, por outro lado, as condições da infra-estrutura de disposição final de resíduos oleosos (descrita no diagnóstico ambiental, Capítulo 5.3.3 deste EIA), a pressão exercida pode ser significativa. Portanto, este efeito foi considerado de média importância.

#### ❖ Pressão sobre a infra-estrutura de serviços

A ocorrência de um acidente de grandes proporções irá demandar, em um primeiro momento, a contratação de empresas especializadas ou a alocação de recursos para a contenção do óleo lançado ao mar, conforme previsto no Plano de Emergência Individual. Posteriormente, terão que ser contratadas firmas e/ou universidades, para o desenvolvimento de programas de monitoramento ambiental das conseqüências do derramamento sobre o ecossistema marinho. Ambas as atividades irão significar o emprego de diversos profissionais altamente capacitados.

Este efeito, ao contrário de todos os demais, foi avaliado como positivo, indireto, extra-regional, de longo prazo e de média magnitude, devido ao volume de serviços a serem contratados e de informações sobre o ecossistema marinho brasileiro a serem geradas. Considerando, porém, a atual oferta de serviços nestas áreas, este feito pode ser considerado de pequena importância.

#### ❖ Interferências com as plataformas situadas na trajetória da dispersão do óleo

Devido às atividades de perfuração e produção de óleo e gás, concentradas principalmente na Bacia de Campos, esta região apresenta hoje uma grande quantidade de unidades fixas e flutuantes e uma intensa movimentação de embarcações que prestam apoio a essas atividades.

A região da Bacia de Campos abriga atualmente 37 unidades de produção, 34 plataformas móveis de perfuração e completação, 3 navios cisterna, 10 navios especiais (lançamento de linhas, manuseio de âncora etc.) e outras 15 embarcações (Portos e Navios, 2002). A Figura 8.8.4-a, a seguir, mostra a localização das plataformas em atividade na Bacia de Campos.

No caso de um vazamento destas proporções, as unidades de perfuração e produção em atividade na área atingida pela pluma poderão ter sua rotina de atividades alterada. Conforme mostra a Figura 1 (Mapa de Vulnerabilidade), apresentada no Anexo 11, existe uma probabilidade de 10 a 20% da mancha de óleo atingir todas as plataformas presentes na região.

Especial atenção deverá ser dada a essas estruturas, conforme prevê o Plano de Emergência Individual (item 8.9), no sentido de evitar que o óleo delas se aproxime e ameace a segurança de seus equipamentos e operários. Nessa situação, trabalhos que utilizem eletricidade e soldas ou gerem calor, assim como trabalhos em espaços confinados ou áreas com ventilação inadequada poderão ser temporariamente interrompidos por questões de segurança, devido à presença de gases tóxicos, inflamáveis ou explosivos na região de dispersão da pluma.

Deverá ser mobilizado também um contingente responsável pela limpeza, reparo e substituição de algum tipo de material possivelmente afetado. Tais atividades poderão levar à necessidade de pessoal trabalhando além da borda das plataformas, acima d'água, sob mau tempo ou em outras condições que gerem um maior risco de acidentes.

Além disto, a utilização de pessoal nessas condições adversas leva a um aumento na carga de trabalho individual. Esta sobrecarga, adicionada ao estresse inerente a situações de emergência, torna todos os funcionários mais susceptíveis a acidentes, mesmo que não estejam diretamente relacionados às ações de controle.

Tendo em vista estes fatores, este efeito foi considerado direto, regional, de curto prazo, de alta magnitude e grande importância, considerando que, de acordo com as informações apresentadas no PEI (item 8.9), todas as unidades presentes na Bacia de Campos encontram-se na trajetória da pluma.

Os resultados da avaliação dos efeitos ambientais possivelmente decorrentes do derramamento acidental de óleo, referente à descarga de pior caso, encontram-se sintetizados no Quadro 8.8.5-a e discutidos, de forma global, no item apresentado a seguir (Síntese Conclusiva).

Figura das plataformas Figura 8.8.4-a

### 8.8.5 Síntese Conclusiva

Através da análise geral da Matriz de Avaliação dos Efeitos Ambientais do Derramamento Acidental de Óleo (Quadro 8.8.5-a), pode-se constatar que a maioria das repercussões ambientais identificadas foi considerada de média magnitude, apesar do grande volume (335.208 m<sup>3</sup>). Esta avaliação decorre principalmente do fato de que a mancha de óleo formada, embora sofra dispersão para regiões distantes, deverá permanecer no oceano por um período de tempo relativamente curto.

Por outro lado, pode-se observar que mais da metade dos efeitos identificados foram considerados de média ou grande importância, principalmente devido ao fato da mancha atingir uma faixa considerável da costa. Embora a probabilidade do óleo alcançar regiões costeiras seja inferior a 10%, foram identificadas diversas áreas sensíveis, localizadas principalmente no litoral norte de São Paulo, litoral sul do Rio de Janeiro (Angra dos Reis e Parati) e Região dos Lagos.

Embora haja registros de grandes catástrofes relacionadas a derramamentos de óleo, conforme mencionado em diversos itens deste EIA, o caso do campo de Albacora Leste reveste-se de uma peculiaridade essencial no que diz respeito à magnitude dos efeitos ambientais possivelmente decorrentes de tal incidente, pois as simulações e avaliações não consideraram as ações de contenção, recolhimento e dispersão previstas no Plano de Emergência Individual para acidentes envolvendo derramamentos de óleo do FPSO P-50.

Segundo FEMAR (2000), em geral, uma superfície de óleo não resulta em altos níveis de óleo dissolvido ou dispersado na coluna d'água e o seu impacto na vida marinha é grandemente restrito àqueles animais que vivem nas camadas superficiais da água ou na costa; por exemplo, aves e mamíferos marinhos podem ficar cobertos com óleo, quando este alcança a costa em grandes concentrações. O impacto dos derramamentos que ficam na superfície do mar em peixes e moluscos que habitam as camadas intermediárias e mais profundas da coluna d'água, é geralmente limitado à acumulação de pequenas quantidades de óleo em seu tecido, que podem afetar sua capacidade de comercialização como fonte de alimentação humana, mas que tem mostrado não ter efeitos de longo prazo.

**INSERIR MATRIZ – Quadro 8.8.5-a**

As principais relações entre os efeitos do derramamento acidental sobre o meio físico-biótico podem ser visualizadas através da Figura 8.8.5-b, a seguir. Observa-se que a presença do óleo na água afeta todos os compartimentos dos ecossistemas costeiros e oceânicos. Neste contexto, destacam-se as comunidades planctônicas, por sustentarem todos os demais níveis tróficos nestes ambientes.

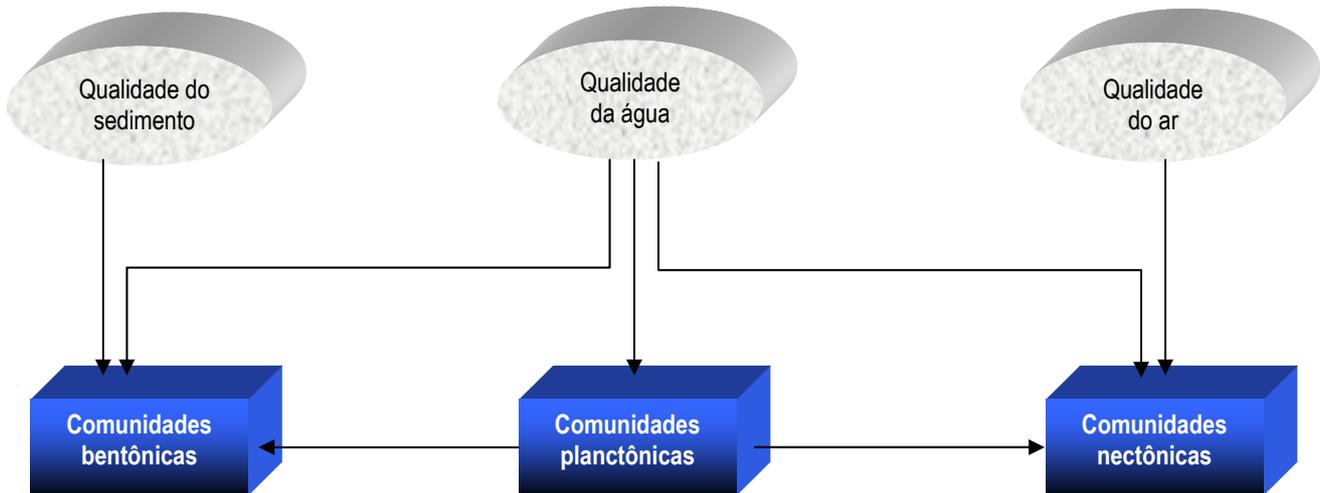


Figura 8.8.5-b. Esquema ilustrativo das inter-relações entre os efeitos do derramamento acidental de óleo no campo de Albacora Leste, incidentes sobre o meio físico-biótico.

Cabe destacar também, ainda em relação ao meio físico-biótico, que pode ser percebida uma influência desses efeitos como um todo sobre as atividades pesqueiras e turísticas. Alterações nas comunidades bentônicas e nectônicas certamente interferem nas atividades pesqueiras. As atividades turísticas, porém, podem ser afetadas pelos diversos efeitos sobre o meio físico-biótico de forma diferenciada e de difícil identificação. Pode-se presumir que serviços relacionados ao setor de turismo deverão ser afetados, principalmente os de alimentação. De forma semelhante, a questão da balneabilidade das praias e alterações nos serviços ligados a atividades de mergulho também poderão contribuir para a diminuição do afluxo e permanência de turistas nas regiões afetadas.

Quanto à abrangência espacial, observa-se que a maioria dos efeitos possivelmente decorrentes do derramamento foi considerada extra-regional, especialmente no que se refere ao meio socioeconômico, com destaque para a repercussão sobre a infra-estrutura portuária e de serviços, cuja abrangência espacial é de difícil delimitação. Destaca-se ainda que a maior parte dos efeitos do derramamento acidental de óleo deverá cessar em um horizonte de curto a médio prazo.

A descrição dos efeitos ambientais possivelmente decorrentes do derramamento acidental no campo de Albacora Leste (descarga de pior caso) revela que, para uma avaliação ambiental global, torna-se necessário analisar o balanço entre a questão da probabilidade e da magnitude e importância dos efeitos em conjunto. Isto é, a descrição evidencia que as regiões mais sensíveis (costeiras) deverão ser atingidas com uma probabilidade de menos de 10%. Além disso, a mancha de óleo deverá chegar à costa com uma espessura

mínima. Por outro lado, a região oceânica, menos sensível e conseqüentemente menos importante<sup>2</sup>, certamente sofrerá os efeitos do derramamento acidental, de forma mais intensa.

Todos esses fatores até aqui comentados são importantes, mas não suficientes para uma análise realista e equilibrada dos efeitos ambientais do derramamento de tal volume de óleo no mar. Torna-se importante também, no contexto desta avaliação, considerar as questões discutidas na Análise de Risco (itens 8.1 a 8.7), especialmente no que se refere à análise histórica de acidentes e a conseqüente avaliação da freqüência destes acidentes.

Estas informações permitem considerar que, embora a avaliação dos efeitos decorrentes do derramamento dessas proporções revele uma considerável interferência no meio ambiente, trata-se de uma possibilidade altamente remota, no contexto das hipóteses acidentais envolvendo derramamento de óleo identificadas na Análise de Riscos.

Por outro lado, no contexto mundial de derramamentos acidentais de óleo, pode-se constatar que a descarga de pior caso no campo de Albacora Leste representaria um dos maiores incidentes relatados na história. Porém, os acidentes que resultaram em derramamento das maiores descargas já reportados ocorreram com navios transportadores, e não, com unidades de produção, como o FPSO P-50.

O incidente mais grave envolvendo petroleiros ocorreu em 1979, com o Atlantic Express, na costa de Tobago (ITOPF, 1995), onde foram lançadas no mar 280.000 toneladas de óleo, (<http://www.sivamar.org/pesquisa/polho1.htm>).

Conforme referido no item 8.3.2 da Análise de Risco, de acordo com os dados apresentados no periódico *Offshore*, em setembro de 1989, constata-se que, após um pico de ocorrência de acidentes em plataformas móveis verificado no biênio 1981/1982, o número de incidentes desta natureza vem decrescendo ao longo do tempo (dados referentes ao período de 1977 a 1988).

Além disso, segundo o estudo intitulado "Impact of Oil and Related Chemicals and Wastes on the Marine Environment", produzido pelo GESAMP e mencionado no "Marine Pollution Bulletin" (setembro, 1993), independentemente do volume derramado, o importante é que houve uma significativa redução da contaminação por óleo em escala global. Estimativas feitas em 1981 mostravam que 3,2 milhões de toneladas de óleo por ano entravam no ambiente marinho provenientes das mais diversas fontes, enquanto que, em estimativas mais recentes, feitas em 1990, esse valor foi bem menor: 2,35 milhões de toneladas.

Embora haja um verdadeiro dissenso em relação à contribuição do volume de óleo derramado por fonte poluidora, a maioria dos autores concorda com a porcentagem relativa de cada uma delas. A Figura 8.8.5-c, a seguir, mostra essa participação média relativa de cada uma das fontes.

---

<sup>2</sup> Com base nos critérios adotados para a presente avaliação, conforme apresentado no item 8.8.4.1 – Procedimentos metodológicos.

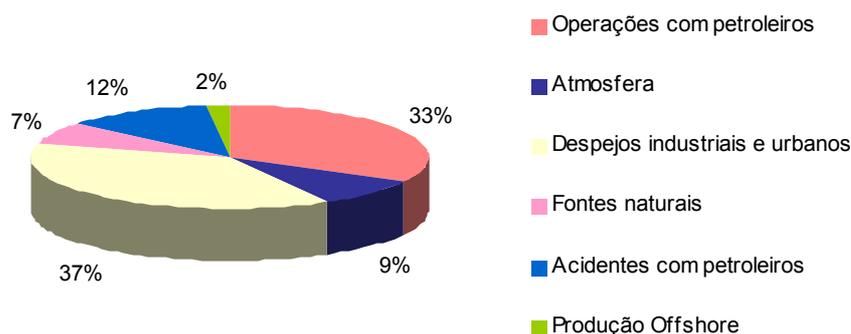


Figura 8.8.5-c. Contribuição relativa de óleo derramado no ambiente marinho, por fonte poluidora.  
Fonte: <http://www.sivamar.org/pesquisa/polho1.htm> (modificado)

Nesta figura, merece destaque especial, para a presente análise, a reduzida participação relativa da poluição por óleo originada pelas atividades de produção *offshore*. Por outro lado, operações e acidentes com petroleiros, juntos, respondem por 45% do total, indicando a necessidade de atenção especial às operações de transferência a serem realizadas no campo de Albacora Leste.

Destaca-se ainda que entre 15 e 30% de todo o óleo despejado no Mar do Norte, em 1990 (cerca de 19.080 toneladas), foi consequência de operações *offshore*: desse total, apenas 7% foi causado por derramamentos acidentais (acidentes e explosões) (Nihoul e Ducroty, 1994 *apud* <http://www.sivamar.org/pesquisa/polho1.htm>).

Entretanto, deve-se ressaltar que a análise global dos efeitos ambientais da descarga de pior caso não considera as medidas de contenção previstas no Plano de Emergência Individual (PEI), sendo apresentada a avaliação ambiental do deslocamento da mancha em um cenário forçadamente crítico.

Entretanto, a análise global permite considerar o derramamento de 335.208 m<sup>3</sup> de óleo na região do campo de Albacora Leste um evento altamente improvável e de efeitos ambientais, em geral, de média magnitude, de médio prazo e que, com probabilidade de no mínimo 90%, não deverão atingir áreas costeiras.

Apesar disso, grande importância deve ser dada ao planejamento de ações voltadas para a prevenção e remediação de incidentes desta natureza, qualquer que seja a sua dimensão, conforme apresentado no Plano de Emergência Individual (item 8.9).

## 8.9. PLANO DE EMERGÊNCIA INDIVIDUAL

O Plano de Emergência Individual (PEI), elaborado para emergências envolvendo derramamentos de óleo oriundas da atividade de produção do FPSO P-50 no campo de Albacora Leste foi elaborado sob responsabilidade da PETROBRAS a partir de um modelo previamente aprovado pelo órgão ambiental competente. O documento completo é apresentado no Anexo 11 deste EIA.